

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2001年 9月28日

出 願 番 号

Application Number:

特願2001-300529

[ST.10/C]:

[JP2001-300529]

出 願 人

Applicant(s):

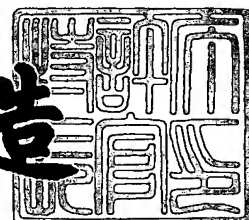
古河電気工業株式会社

RECEIVED
JUN 18 2002
TECHNOLOGY CENTER 2800

2002年 3月26日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2002-3020972

【書類名】 特許願

【整理番号】 A10430

【提出日】 平成13年 9月28日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01S 5/30

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古河電気工業株式会社内

 【氏名】 那須 秀行

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古河電気工業株式会社内

 【氏名】 野村 剛彦

【特許出願人】

 【識別番号】 000005290

 【氏名又は名称】 古河電気工業株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100096035

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 中澤 昭彦

【先の出願に基づく優先権主張】

 【出願番号】 特願2001-173150

 【出願日】 平成13年 6月 7日

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 043351

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9801417

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光モジュール、光送信器及びWDM光送信装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

レーザ光を出力する発光素子と、

前記発光素子近傍に配置され、前記発光素子の温度を検出する第 1 の温度検出部と、

前記発光素子から出力されるレーザ光を、光フィルタを通過させて受光して波長をモニタする波長モニタ部と、

前記波長モニタ部から出力される信号に基づいて、前記発光素子から出力されるレーザ光の波長を調整する波長調整部と、

前記光フィルタに直接又は光フィルタの近傍に配置され、前記光フィルタの温度を検出する第 2 の温度検出部と、

前記発光素子又は波長モニタ部の温度調整を行う温度調整部とを有し、

前記波長モニタ部の少なくとも一部が前記温度調整部と接触している、

ことを特徴とする光モジュール。

【請求項 2】

前記波長調整部は、前記発光素子の温度を調整することにより前記発光素子の波長を調整することを特徴とする請求項 1 に記載の光モジュール。

【請求項 3】

前記波長モニタ部は、前記レーザ光を 2 分岐する光分岐器と、前記 2 分岐されたレーザ光をそれぞれ受光し、光電変換し電気信号として出力する 2 つの受光器とを有し、

前記光フィルタは、前記 2 つの受光器のうち、少なくとも一方と光分岐器との間に配置されることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の光モジュール。

【請求項 4】

前記光分岐器は、プリズムであることを特徴とする請求項 3 に記載の光モジュール。

【請求項 5】

前記光フィルタはファブリペロエタロンであり、その波長透過特性は周期性を有し、各周期の波長間隔が100GHz以下であることを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1つの項に記載の光モジュール。

【請求項6】

前記波長調整部は、

前記第1の温度検出部からの信号に基づいて、レーザ光の波長が波長モニタ部で調整可能な波長範囲内に調整された後に、

前記波長モニタ部からの信号に基づいてレーザ光の波長を所定の波長にロックするように調整し、

前記第2の温度検出部からの信号は、前記光フィルタの温度特性に伴うロック波長のずれを補正するために用いられることを特徴とする請求項1乃至5のいずれか1つの項に記載の光モジュール。

【請求項7】

前記第1の温度検出部及び第2の温度検出部の有する各2個の端子のうちいずれか1つの端子を共通端子にすることを特徴とする請求項6に記載の光モジュール。

【請求項8】

前記光フィルタの表面に電気配線用の金属パターン部を有し、その金属パターン部に前記第2の温度検出部が取り付けられていることを特徴とする請求項1乃至7のいずれか1つの項に記載の光モジュール。

【請求項9】

前記光フィルタは、熱伝導性を有する材料で作られたフィルタホルダに固定され、前記フィルタホルダの前記光フィルタ近傍に前記第2の温度検出部が取り付けられていることを特徴とする請求項1乃至8のいずれか1つの項に記載の光モジュール。

【請求項10】

前記第2の温度検出部は、前記光フィルタの上面と底面との間の位置に配置されることを特徴とする請求項1乃至9のいずれか1つの項に記載の光モジュール。

【請求項 1 1】

前記第 2 の温度検出部は、前記発光素子、波長モニタ部、波長調整部を収容するパッケージの側面と前記光フィルタとの間に配置されることを特徴とする請求項 1 乃至 1 0 のいずれか 1 つの項に記載の光モジュール。

【請求項 1 2】

前記フィルタホルダは、前記光フィルタを取り付ける第 1 のマウント部と、前記第 1 のマウント部に一体に設けられ、前記光フィルタ底面から上面までの間の中間の位置に前記第 2 の温度検出部を取り付ける第 2 のマウント部とを有することを特徴とする請求項 9 に記載の光モジュール。

【請求項 1 3】

前記フィルタホルダの第 2 のマウント部に前記第 2 の温度検出部を半田付けするための金メッキ層を有することを特徴とする請求項 1 2 に記載の光モジュール。

【請求項 1 4】

前記第 2 の温度検出部は、前記フィルタホルダに溶接固定されていることを特徴とする 9 乃至 1 3 のいずれか 1 つの項に記載の光モジュール。

【請求項 1 5】

前記フィルタホルダは、配線の取り回しをするために金メッキが施された支柱を有することを特徴とする請求項 1 乃至 1 4 のいずれか 1 つの項に記載の光モジュール。

【請求項 1 6】

前記請求項 1 乃至 1 5 のいずれか 1 つの項に記載の光モジュールと、

前記波長モニタ部から出力される信号に基づいて、前記発光素子から出力されるレーザ光の発振波長を所定のロック波長に固定する制御部と、

前記第 2 の温度検出部によって検出された温度に基づいて、前記光フィルタの温度特性に伴う前記ロック波長のずれを補正するように指令する補正信号を前記制御部に出力する補正部と、

を有することを特徴とする光送信器。

【請求項 1 7】

前記波長調整部は、前記発光素子の温度を調整することにより前記発光素子の波長を調整することを特徴とする請求項 1 6 に記載の光送信器。

【請求項 1 8】

前記波長調整部は、前記発光素子に注入する電流を調整することにより前記発光素子の波長を調整することを特徴とする請求項 1 6 に記載の光送信器。

【請求項 1 9】

前記発光素子から出力されたレーザ光の光出力を監視する光出力監視部と、前記光出力監視部によって監視された光出力値に基づいて、前記光出力を一定になるように制御する光減衰量調整部とを有することを特徴とする請求項 1 8 に記載の光送信器。

【請求項 2 0】

前記波長モニタ部は、前記レーザ光を 2 分岐する光分岐器と、前記 2 分岐されたレーザ光をそれぞれ受光し、光電変換し電気信号として出力する 2 つの受光器とを有し、

前記光フィルタは、前記 2 つの受光器のうち、少なくとも一方と光分岐器との間に配置されることを特徴とする請求項 1 6 乃至 1 9 のいずれか 1 つの項に記載の光送信器。

【請求項 2 1】

前記制御部は、前記 2 つの受光器の光電変換により出力された電流信号をそれぞれ電圧信号に変換する 2 つの電圧変換器と、2 つの電圧変換器から出力される電圧の差又は比を制御信号として出力する比較器と、その比較器から出力された制御信号に応じて、前記温度調整部の調整温度を制御する温度制御電流を出力する電流発生器とを有することを特徴とする請求項 1 6 乃至 2 0 のいずれか 1 つの項に記載の光送信器。

【請求項 2 2】

前記補正部は、前記光フィルタの温度に応じた所定電圧を前記制御部の比較器に入力して、その電圧分だけ制御信号の電圧をオフセットすることにより、前記光フィルタの温度特性による波長ずれを補正することを特徴とする請求項 1 6 乃至 2 1 のいずれか 1 つの項に記載の光送信器。

【請求項 2 3】

前記発光素子からのレーザ光を受光するパワーモニタ用受光素子から出力される信号に基づいて、前記発光素子に注入する注入電流を制御する注入電流制御部を有することを特徴とする請求項 1 6 乃至 2 2 のいずれか 1 つの項に記載の光送信器。

【請求項 2 4】

前記パワーモニタ用受光素子は、前記波長モニタ部の受光素子として兼用されることを特徴とする請求項 2 3 に記載の光送信器。

【請求項 2 5】

前記制御部は、前記 2 つの受光器の光電変換により出力された電流信号をアナログ／デジタル変換するアナログデジタル変換器を有することを特徴とする請求項 1 6 乃至 2 4 のいずれか 1 つの項に記載の光送信器。

【請求項 2 6】

前記請求項 1 6 乃至 2 5 のいずれか 1 つの項に記載の光送信器を複数有し、これら光送信器から出力された光信号を波長多重して送信することを特徴とする WDM 光送信装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、波長分割多重（WDM：Wavelength Division multiplexing）通信システムに利用される光モジュール、光送信器及び WDM 光送信装置に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

一般に、高密度 WDM の分野では、光信号の波長が長期に渡って安定していることが要求される。そのため波長モニタの機能を光モジュール内に設ける技術が開発されており、例えば特開平 2 0 0 0 - 5 6 1 8 5 号公報に開示されている。

【0 0 0 3】

図 2 0 は従来の光モジュールの構成を示す説明図である。図 2 0 に示すように、従来の光モジュールは、所定の発振波長のレーザ光を出力する半導体レーザダ

イオード等からなる発光素子 5 0 と、発光素子 5 0 に光結合され、発光素子 5 0 の前側（図 2 0 では右側）端面から出力されたレーザ光を外部に送出する光ファイバ 5 1 と、発光素子 5 0 の発振波長とほぼ同じカットオフ波長を持つ光フィルタ 5 2 と、発光素子 5 0 の後側（図 7 では左側）端面から出力されたレーザ光を 2 つに分光するハーフミラーからなるビームスプリッタ 5 3 と、ビームスプリッタ 5 3 によって分光された一方のレーザ光を光フィルタ 5 2 に透過させた後に受光するフォトダイオード等の第 1 の受光素子 5 4 と、ビームスプリッタ 5 3 によって分光された他方のレーザ光を受光するフォトダイオード等の第 2 の受光素子 5 5 と、発光素子 5 0 の温度を調整するペルチェモジュール 5 6 とを有する。また、光モジュールには制御部 5 7 が接続されている。制御部 5 7 は、第 1 の受光素子 5 4 及び第 2 の受光素子 5 5 から出力される P D 電流に基づいて、発光素子 5 0 の波長を制御するように、ペルチェモジュール 5 6 を制御する。

【 0 0 0 4 】

図 2 1 は制御部 5 7 の構成の一例を示すブロック図である。図 2 1 に示すように、制御部 5 7 は、例えば、第 1 の受光素子 5 4 から出力される第 1 の P D 電流を第 1 の電圧 V 1 に変換する第 1 の電圧変換器 6 7 と、第 2 の受光素子 5 5 から出力される第 2 の P D 電流を第 2 の電圧 V 2 に変換する第 2 の電圧変換器 6 8 と、第 1 の電圧変換器 6 7 から出力される第 1 の電圧 V 1 及び第 2 の電圧変換器 6 8 から出力される第 2 の電圧 V 2 の差又は比を制御信号として出力する比較器 6 9 と、比較器 6 9 から出力される制御信号に基づいてペルチェモジュール 5 6 の温度を上昇又は下降させる温度制御電流を出力する T E C (Thermo Electric Cooler) 電流発生器 7 0 とを有する。

【 0 0 0 5 】

発光素子 5 0 と光ファイバ 5 1 との間には、発光素子 5 0 の前側端面から出力されたレーザ光を光ファイバ 5 1 に結合する集光レンズ 5 8 が配置されている。また、発光素子 5 0 とビームスプリッタ 5 3 との間には、発光素子 5 0 の後側端面から出力されたレーザ光を平行にする平行レンズ 5 9 が配置されている。

【 0 0 0 6 】

発光素子 5 0、集光レンズ 5 8 及び平行レンズ 5 9 は、L D キャリア 6 0 上に

固定されている。第 1 の受光素子 5 4 及び第 2 の受光素子 5 5 は、それぞれ第 1 の PD キャリア 6 1 及び第 2 の PD キャリア 6 2 に固定されている。

【 0 0 0 7 】

ビームスプリッタ 5 3、光フィルタ 5 2、第 1 の PD キャリア 6 1 及び第 2 の PD キャリア 6 2 は、金属基板 6 3 上に固定されている。金属基板 6 3 は、LD キャリア 6 0 の表面に固定され、LD キャリア 6 0 は、ペルチェモジュール 5 6 上に固定されている。

【 0 0 0 8 】

発光素子 5 0、ビームスプリッタ 5 3、光フィルタ 5 2、集光レンズ 5 8、平行レンズ 5 9、LD キャリア 6 0、第 1 の PD キャリア 6 1、第 2 の PD キャリア 6 2、金属基板 6 3 及びペルチェモジュール 5 6 は、パッケージ 6 4 内に設けられている。また、光ファイバ 5 1 の先端部を保持するフェルール 6 5 は、パッケージ 6 4 の側部にスリーブ 6 6 を介して固定されている。

【 0 0 0 9 】

発光素子 5 0 の前側端面から出力されたレーザ光は、集光レンズ 5 8 によって集光され、フェルール 6 5 によって保持された光ファイバ 5 1 に入射され外部に送出される。

【 0 0 1 0 】

一方、発光素子 5 0 の後側端面から出力されたレーザ光は、平行レンズ 5 9 によって平行になり、ビームスプリッタ 5 3 によって Z 軸方向（透過方向）と、Z 軸方向に垂直な X 軸方向（反射方向）との 2 つの方向に分岐される。Z 軸方向に分岐されたレーザ光は、第 1 の受光素子 5 4 によって受光され、X 軸方向に分岐されたレーザ光は、第 2 の受光素子 5 5 によって受光される。

【 0 0 1 1 】

第 1 の受光素子 5 4 及び第 2 の受光素子 5 5 から出力される PD 電流は制御部 5 7 に入力され、制御部 5 7 は、入力された PD 電流の値に基づいて、発光素子 5 0 の波長を制御するように、ペルチェモジュール 5 6 の調整温度を制御する。

【 0 0 1 2 】

【発明が解決しようとする課題】

図22は、レーザダイオードの経年劣化を説明するためのグラフである。図22に示すように、レーザダイオードを備えた光モジュールの使用開始時には、そのしきい値は I_{th} である。また、所定の光出力 P_f が得られるように、APC (Auto Power Control)回路が駆動する。

【0013】

光モジュールの使用開始時において光出力 P_f を得るためのレーザダイオードへの注入電流は I_{op} である。レーザダイオードが長期間使用され続けるとその特性は劣化し、所定期間終了時のしきい値は初期状態から上昇し、 I_{th}' となる。また、光出力 P_f を得るためのレーザダイオードへの注入電流も I_{op}' に上昇する。

【0014】

また、図23に示すように、レーザダイオードの発振波長はLDキャリア（サブマウント）の温度が一定の場合、注入電流依存性を有し、その依存性は通常0.01nm/mA程度である。従って、LDキャリアの温度が一定の場合にレーザダイオードの経年劣化が生じた時、発振波長は長い方へシフトする。

【0015】

このような特性を有するレーザダイオードを波長ロックするために光フィルタが使用される。すなわち、波長をモニタしてレーザダイオードを載せるLDキャリアの温度をペルチェモジュールによって調整し、図24で示す波長ロックポイントPに光モジュールの発振波長を固定する。発振波長はレーザダイオードの経年劣化により注入電流が増大した時、レーザダイオードの活性層の温度が上昇して長波長側へシフトするが、光フィルタを用いた波長モニタを駆動することにより、波長シフトを補正するために、ペルチェモジュールによってLDキャリアの温度を低下させる。

【0016】

ところで、光フィルタは例えば石英で作られており、光透過特性に温度依存性（以下、単に温度特性という）を有する。例えば、ある光フィルタでは波長—光透過率特性が0.01nm/℃の割合で短波側にシフトする。

【0017】

従来の光モジュールでは、例えば図 2 0 に示すように、発光素子 5 0 と光フィルタ 5 2 とがほぼ同温に保たれるように、熱的に接続されている。そのため、発光素子 5 0 を載せる LD キャリア 6 0 の温度が低下すると光フィルタ 5 2 の温度も低下し、光フィルタ 5 2 の特性が変化する。すなわち、波長モニタを駆動して所定の期間が過ぎて、発光素子 5 0 が経年劣化すると、発光素子 5 0 への注入電流が増加し、発光素子 5 0 の温度が上昇する。これにより、ずれた波長を補正するために制御部 5 7 により、ペルチェモジュール 5 6 が制御され、発光素子 5 0 の温度が低下し、それに伴い光フィルタ 5 2 の温度が低下する。光フィルタの温度低下によって、初期の波長特性が得られなくなり、図 2 5 に示すように、光フィルタ特性は全体的に短波側へシフトする。図 2 5 で、●は初期のロック波長 P、○は所定時間駆動後のロック波長 P' を示す。このように、ロック波長が P から P' へとシフトしてしまい、所望の波長の光を得ることができなかった。波長モニタを駆動した場合の注入電流とロック波長の関係は、図 2 6 に示すようになり、発振波長は電流依存性を有する。

【 0 0 1 8 】

また、光フィルタを搭載したペルチェモジュール 5 6 が一定温度に制御されていた場合においても、外部環境温度や光モジュールの消費電力量の変化に応じ、光モジュール内の温度は変動するため、光フィルタがペルチェモジュールに直接接触していない側から、環境温度の変動の影響を受け、例えば、図 2 8 のように光フィルタの温度は変動する。

【 0 0 1 9 】

このような光フィルタの温度変化に伴うロック波長のずれは、クロストークによる信号劣化の原因になり、波長安定化が要求される高密度 WDM システムにとって好ましくない。

【 0 0 2 0 】

また、高密度 WDM システムでは、光信号の波長間隔が狭いため、各光信号波長の波長ずれ防止への要求が厳しく、高い精度で発振波長を固定する必要がある。例えば、光フィルタとして図 2 7 に示すような波長弁別特性を有するエタロンフィルタを用いて光信号を配列する場合、例えば一定の波長間隔ごとに、光信号

を配列することができるように、スロープの中心付近が所定波長と重なるように作りこむ。

【 0 0 2 1 】

ところで、例えば特開 2 0 0 1 - 4 4 5 5 8 号公報には、エタロンの温度を検出し、補正部によって制御部へ補正信号を送り、温度補正を行う技術が提案されている。一般に、エタロンフィルタは温度特性を有する。エタロンに使用される材料の中でも、温度特性が小さいものに水晶があり、上記公報の技術でも用いられている。ここで、水晶エタロンの温度特性は $5 \text{ pm}/^{\circ}\text{C}$ であることが知られている。

【 0 0 2 2 】

光モジュールに用いられるパッケージのケース温度は、従来 $5 \sim 70^{\circ}\text{C}$ の範囲で使用することを保証することが要求されている。従って、エタロンの温度によりドリフトは、 $5 \text{ pm}/^{\circ}\text{C} \times 75^{\circ}\text{C} = 375 \text{ pm}$ となる。

【 0 0 2 3 】

また、光フィルタを搭載した温度調整器の調整温度が変動した場合には、さらにエタロンの温度変動によるドリフトは大きくなる。

【 0 0 2 4 】

図 2 9 に示すように、例えば 100 GHz (800 pm) 間隔の水晶のエタロンを用いて波長をロッキングし、温度補償を行うとロックされる波長とスロープ上のロッキングポイントは図示するような関係として表される。温度補償を行うことによって、ロックされる波長とスロープ上のロッキングポイントはスロープ上をアクティブに動くことになる。

【 0 0 2 5 】

一方、WDM の分野、特に高密度 WDM の分野では、非常に多くのそれぞれ異なる発光波長をもつレーザモジュールが必要とされるが、それら全種類の波長のレーザを異なる仕様で生産することは現実的ではなく、ひとつのレーザモジュールが必要とするいくつかの波長に調整可能とし、少なくとも 2 波長以上に対応できるような特性を有していることが望ましい。そのような波長調整を可能にするには波長モニタ部に使用される光フィルタが必要なレーザ光の波長に対応して波

長透過特性が繰り返し周期を持つ、エタロン等が有効である。

【 0 0 2 6 】

しかしながら、レーザの発光波長が光フィルタの波長透過特性が繰り返し周期のどの波長近傍にあるかを波長モニタからの信号によって区別することは不可能である。

【 0 0 2 7 】

そのため、あらかじめ波長モニタで調整可能な所定の波長範囲内に、レーザ発光波長を制御することが必要である。発光素子を搭載した温度調整器の制御によってその発光波長制御を行うには、発光素子の温度を正確に測定し制御する必要があるため、温度検出部を発光素子近傍に配置する必要がある。

【 0 0 2 8 】

発光素子近傍の温度は、発光素子への注入電流等によって変動し、また、光フィルタとは同じパッケージ内や、何じ温度調整器上にあっても空間的な距離があるため、温度分布を持っている。従って、光フィルタの温度を同じ温度検出部で測定し補償をかけることは非常に困難である。

エタロンの温度が中間の温度である 32.5°C にて、ロックポイントがスロープの中心にあるものと仮定すると、 -5°C において、スロープの下方にてスロープの傾きがなまっている箇所、 -70°C において受光素子の最大値となる位置にある。波長ロックはスロープによって波長がどちらにドリフトしているか検出する。従って、ここで示した低温側、高温側では十分なロックができず、特に波長弁別特性のピークを越えて隣のスロープへ移ってしまう。従ってこのような高密度 WDM システムで使用される周期の短いエタロンフィルタを温度補償して波長ロックすることは不可能である。まして、伝送容量を向上するために、波長間隔を 50GHz 、 25GHz 、 12.5GHz と狭めていくと、温度補償をかけられる範囲 3.45pm よりも、ロックが可能な範囲の方が明らかに狭いので、波長ロックすることができない。

【 0 0 2 9 】

このように、波長間隔が狭い高密度 WDM システムでは、波長ドリフトを数 pm 以内に押さえ込む必要があり、ケース温度の依存性のみで 10pm 以上となっ

てしまう従来の光モジュールや光送信器では要求を満たすことができなかった。

【0030】

また、光モジュールは底面側からしか温度制御されていないため、部品ごとに温度分布が生じる。特にエタロンフィルタは、光軸方向のフィルタ長で、透過波長特性が決まり、入射光の光径以上の入射面積が必要なため、1mm以上の大きさが必要である。

【0031】

また、金属に比べ熱伝導率も小さく、水晶を用いたエタロンフィルタでは、光軸方向の熱伝導率が $0.0255 \text{ Cal/cm} \cdot \text{sec} \cdot \text{deg}$ であるのに対し、光軸に垂直な方向、すなわち温度調整器の調整面に垂直な方向では、熱伝導率が $0.0148 \text{ Cal/cm} \cdot \text{sec} \cdot \text{deg}$ と小さく、温度調整器の制御が難しく、発光素子等の他の部品に比べ温度分布を生じやすい。

【0032】

本発明は、上記課題を解決するためになされたものであり、光フィルタの有する温度特性に伴うロック波長のずれを簡易に補正し、レーザ光の発振波長を高精度に安定化させることができる光モジュール、光送信器及びWDM光送信装置を提供することを目的とする。

【0033】

本発明は又、レーザ光の発振波長の波長間隔が狭い（100GHz以下）場合であって、光フィルタがケース温度による影響を受けても、精度よく所定のロック波長に固定することができる光モジュール、光送信器及びWDM光送信装置を提供することを目的とする。

【0034】

本発明はさらに、温度分布を生じやすい光フィルタを用いても精度よく所定のロック波長に固定することができる光モジュール、光送信器及びWDM光送信装置を提供することを目的とする。

【0035】

【課題を解決するための手段】

本発明の光モジュールは、レーザ光を出力する発光素子と、前記発光素子近傍

に配置され、前記発光素子の温度を検出する第1の温度検出部と、前記発光素子から出力されるレーザ光を、光フィルタを通過させて受光して波長をモニタする波長モニタ部と、前記波長モニタ部から出力される信号に基づいて、前記発光素子から出力されるレーザ光の波長を調整する波長調整部と、前記光フィルタに直接又は光フィルタの近傍に配置され、前記光フィルタの温度を検出する第2の温度検出部と、前記発光素子又は波長モニタ部の温度調整を行う温度調整部とを有し、前記波長モニタ部の少なくとも一部が前記温度調整部と接触していることを特徴とするものである。

【 0 0 3 6 】

前記波長調整部は、前記発光素子の温度を調整することにより前記発光素子の波長を調整してもよく、前記温度調整部が波長調整部を兼ねている構成が望ましい。

【 0 0 3 7 】

前記波長モニタ部は、前記レーザ光を2分岐する光分岐器と、前記2分岐されたレーザ光をそれぞれ受光し、光電変換し電気信号として出力する2つの受光器とを有し、前記光フィルタは、前記2つの受光器のうち、少なくとも一方と光分岐器との間に配置されてもよい。

【 0 0 3 8 】

前記光分岐器は、プリズムであってもよい。

【 0 0 3 9 】

前記光フィルタはファブリペロエタロンであり、その波長透過特性は周期性を有し、各周期の波長間隔が100GHz以下であってもよい。

【 0 0 4 0 】

前記波長調整部は、前記第1の温度検出部からの信号に基づいて、レーザ光の波長が波長モニタ部で調整可能な波長範囲内に調整された後に、前記波長モニタ部からの信号に基づいてレーザ光の波長を所定の波長にロックするように調整し、前記第2の温度検出部からの信号は、前記光フィルタの温度特性に伴うロック波長のずれを補正するために用いられてもよい。

【 0 0 4 1 】

前記第 1 の温度検出部及び第 2 の温度検出部の有する各 2 個の端子のうちいずれか 1 つの端子を共通端子にしてもよい。

【 0 0 4 2 】

前記光フィルタの表面に電気配線用の金属パターン部を有し、その金属パターン部に前記第 2 の温度検出部が取り付けられていてもよい。

【 0 0 4 3 】

前記光フィルタは、熱伝導性を有する材料で作られたフィルタホルダに固定され、前記フィルタホルダの前記光フィルタ近傍に前記第 2 の温度検出部が取り付けられていてもよい。

【 0 0 4 4 】

前記第 2 の温度検出部は、前記光フィルタの上面と底面との間の位置に配置されてもよい。

【 0 0 4 5 】

前記第 2 の温度検出部は、前記発光素子、波長モニタ部、波長調整部を収容するパッケージの側面と前記光フィルタとの間に配置されてもよい。

【 0 0 4 6 】

前記フィルタホルダは、前記光フィルタを取り付ける第 1 のマウント部と、前記第 1 のマウント部に一体に設けられ、前記光フィルタ底面から上面までの間の中間の位置に前記第 2 の温度検出部を取り付ける第 2 のマウント部とを有してもよい。

【 0 0 4 7 】

前記フィルタホルダの第 2 のマウント部に前記第 2 の温度検出部を半田付けするための金メッキ層を有してもよい。

【 0 0 4 8 】

前記第 2 の温度検出部は、前記フィルタホルダに溶接固定されていてもよい。

【 0 0 4 9 】

前記フィルタホルダは、配線の取り回しをするために金メッキが施された支柱を有してもよい。

【 0 0 5 0 】

本発明の光送信器は、上記光モジュールと、前記波長モニタ部から出力される信号に基づいて、前記発光素子から出力されるレーザ光の発振波長を所定のロック波長に固定する制御部と、前記第 2 の温度検出部によって検出された温度に基づいて、前記光フィルタの温度特性に伴う前記ロック波長のずれを補正するように指令する補正信号を前記制御部に出力する補正部とを有することを特徴とするものである。

【 0 0 5 1 】

前記波長調整部は、前記発光素子の温度を調整することにより前記発光素子の波長を調整してもよい。

【 0 0 5 2 】

前記波長調整部は、前記発光素子に注入する電流を調整することにより前記発光素子の波長を調整してもよい。

【 0 0 5 3 】

前記発光素子から出力されたレーザ光の光出力を監視する光出力監視部と、前記光出力監視部によって監視された光出力値に基づいて、前記光出力を一定になるように制御する光減衰量調整部とを有してもよい。

【 0 0 5 4 】

前記波長モニタ部は、前記レーザ光を 2 分岐する光分岐器と、前記 2 分岐されたレーザ光をそれぞれ受光し、光電変換し電気信号として出力する 2 つの受光器とを有し、前記光フィルタは、前記 2 つの受光器のうち、少なくとも一方と光分岐器との間に配置されていてもよい。

【 0 0 5 5 】

前記制御部は、前記 2 つの受光器の光電変換により出力された電流信号をそれぞれ電圧信号に変換する 2 つの電圧変換器と、 2 つの電圧変換器から出力される電圧の差又は比を制御信号として出力する比較器と、その比較器から出力された制御信号に応じて、前記温度調整部の調整温度を制御する温度制御電流を出力する電流発生器とを有してもよい。

【 0 0 5 6 】

前記補正部は、前記光フィルタの温度に応じた所定電圧を前記制御部の比較器

に入力して、その電圧分だけ制御信号の電圧をオフセットすることにより、前記光フィルタの温度特性による波長ずれを補正してもよい。

【 0 0 5 7 】

前記発光素子からのレーザ光を受光するパワーモニタ用受光素子から出力される信号に基づいて、前記発光素子に注入する注入電流を制御する注入電流制御部を有してもよい。

【 0 0 5 8 】

前記パワーモニタ用受光素子は、前記波長モニタ部の受光素子として兼用されてもよい。

【 0 0 5 9 】

前記制御部は、前記 2 つの受光器の光電変換により出力された電流信号をアナログ／デジタル変換するアナログデジタル変換器を有してもよい。

【 0 0 6 0 】

本発明の WDM 光送信装置は、上記の光送信器を複数有し、これら光送信器から出力された光信号を波長多重して送信することを特徴とするものである。

【 0 0 6 1 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。図 1 は、本発明の第 1 の実施の形態に係る光送信器を説明するための説明図である。

【 0 0 6 2 】

図 1 に示すように、本発明の第 1 実施形態例に係る光送信器は、レーザ光を出力する半導体レーザダイオード等の発光素子 1 と、発光素子 1 から出力されるレーザ光のうち、後側端面（図 1 では左側）から出力されるモニタ用のレーザ光を受光する波長モニタ部 2 と、発光素子 1 の温度を制御するペルチェ素子等の温度調整部 3 と、波長モニタ部 2 から出力される信号に基づいて、発光素子 1 から出力されるレーザ光の発振波長を所定のロック波長に固定するように、温度調整部 3 の調整温度を制御する制御部 4 と、発光素子 1 の前側端面（図 1 では右側）から出力されたレーザ光を入射し、外部に送出する光ファイバ 17 と、内部を気密封止するパッケージ 18 とを有する。

【 0 0 6 3 】

ここで、発光素子 1、波長モニタ部 2、温度調整部 3、光ファイバ 17 を有し、図 1 の点線で囲った部分で光モジュール M が構成されている。

【 0 0 6 4 】

波長モニタ部 2 は、発光素子 1 を気密封止するパッケージ 18 の内部に配置される。波長モニタ部 2 は、発光素子 1 の後側端面から出力され、平行レンズ 5 によって平行になったレーザ光を 2 つに分光するハーフミラー 6 と、ハーフミラー 6 によって分光された一方のレーザ光を受光するフォトダイオード等の第 1 の受光素子 7 と、ハーフミラー 6 によって分光された他方のレーザ光を受光するフォトダイオード等の第 2 の受光素子 8 と、ハーフミラー 6 と第 1 の受光素子 7 との間に配置された光フィルタ 9 とを有する。第 1 の受光素子 7 及び第 2 の受光素子 8 は、それぞれ第 1 の PD キャリア 10 及び第 2 の PD キャリア 11 に固定されている。光フィルタ 9 は、波長-透過光強度特性に周期性があるものであり、各周期の波長間隔が 100 GHz 以下の例えばファブリペロエタロン、誘電体多層膜フィルタ等が用いられる。

【 0 0 6 5 】

発光素子 1 は LD キャリア 12 上に固定されている。また、LD キャリア 12 上には発光素子 1 の温度を検出するためのサーミスタ等の第 1 の温度検出部 37 が設置されている。

【 0 0 6 6 】

また、LD キャリア 12 と波長モニタ部 2 はベース 19 上に固定されている。従って、発光素子 1 と光フィルタ 9 とは熱的に接続されており、温度調整部 3 による発光素子 1 の温度変化に応じて、光フィルタ 9 の温度も変化することになる。

【 0 0 6 7 】

光フィルタ 9 の温度を検出するために、サーミスタ等の第 2 の温度検出部 20 が設けられている。第 2 の温度検出部 20 は、光フィルタ 9 の温度を精度よく検出するために、光フィルタ 9 に直接取り付けられているか又は光フィルタ 9 の近傍に配置されている。

【 0 0 6 8 】

制御部 4 は、入力された 2 つの P D 電流の差電圧又は電圧比に基づいて、半導体レーザ素子 1 から出力される光の波長が一定となるように、温度調整部 3 により第 1 の温度検出部 3 7 で検出される温度を制御する。

【 0 0 6 9 】

制御部 4 は、第 1 の受光素子 7 から出力される第 1 の P D 電流を第 1 の電圧 V 1 に変換する第 1 の電圧変換器 1 3 と、第 2 の受光素子 8 から出力される第 2 の P D 電流を第 2 の電圧 V 2 に変換する第 2 の電圧変換器 1 4 と、第 1 の電圧変換器 1 3 から出力される第 1 の電圧 V 1 及び第 2 の電圧変換器 1 4 から出力される第 2 の電圧 V 2 との電圧の差又は比を制御信号として出力する比較器 1 5 と、その比較器 1 5 から出力された制御信号に応じて、温度調整部 3 の調整温度を制御する温度制御電流を出力する電流発生器 1 6 とを有する。なお、第 1 の電圧変換器 1 3 から出力された第 1 の電圧 V 1 及び第 2 の電圧変換器 1 3 から出力された第 2 の電圧 V 2 を増幅する増幅器（図示せず）を、比較器 1 5 の前段に設けてもよい。

【 0 0 7 0 】

第 2 の温度検出部 2 0 は、補正部 2 1 に接続されている。補正部 2 1 は、第 2 の温度検出部 2 0 によって検出された温度に基づいて、光フィルタ 9 の温度特性に伴うロック波長のずれを補正するように指令する補正信号を制御部 4 に出力する。より具体的には、補正部 2 1 は、光フィルタ 9 の温度に応じた所定電圧を制御部 4 の比較器 1 5 に入力して、その電圧分だけ制御信号の電圧をオフセットすることにより、光フィルタ 9 の温度特性による波長ずれを補正する。例えば、図 4 に示すように、光フィルタ 9 の温度特性により、初期状態から所定時間駆動後では、波長特性が短波長側へシフトする。初期のロック波長を維持するために、まず、光フィルタ 9 の温度特性を予め取得しておく。第 2 の温度検出部 2 0 で光フィルタ 9 の温度を検出し、補正部 2 1 によって、検出された温度変化に応じて適切な補正電圧を出力し、制御部 4 の比較器 1 5 にフィードバックする。補正電圧により制御電圧信号の 0 V 点をオフセットする。図 4 において、初期状態の 0 V 点から、所定時間を駆動して光フィルタ 9 の温度変化によって波長特性がずれ

た時、この温度変化を検出して、温度変化に応じた電圧 ΔV を出力する。これにより0 V点が初期状態から ΔV だけ低下した点が0 V点となる。この時の0 V点に波長ロックがなされるので、初期状態の波長から変わることなく、安定して波長ロックを行うことができる。

【0071】

オフセットする電圧値については、あらかじめ2つの温度について最適な電圧値を測定しておき、それに基づいて線形的に計算して設定したり、あるいは温度に対する最適なオフセット電圧値を格納したデータベースから読み出してもよい。

【0072】

光フィルタ9の温度を精度良く検出するために、例えば図2に示すように、第2の温度検出部20を直接光フィルタ9上にボンディングして配置してもよい。この場合、光フィルタ9には予め金属膜22の配線パターンを形成しておき、その金属膜22の上に第2の温度検出部20を半田等で取り付ける。光フィルタ9上に取り付けられた第2の温度検出部20を光モジュールMの外部のピンに配線して補正部21に電氣的に接続する。

【0073】

また、図3に示すように、光フィルタ9の温度を精度よく検出するために、光フィルタ9を熱伝導率の良好な材料、例えば、CuW等の金属、AlNなどのセラミック等で作られたフィルタホルダ23に固定し、そのフィルタホルダ23の光フィルタ9近傍に第2の温度検出部20を取り付ける。この第2の温度検出部20を光モジュールMの外部のピンに配線して補正部21に電氣的に接続する。

【0074】

発光素子1の前側（図1では右側）には、その前側端面から出力されたレーザー光を平行にする平行レンズ24が設けられている。また、平行レンズ24の前側には、発光素子1への戻り光を阻止する光アイソレータ25が設けられている。光アイソレータ25は、例えば偏光子とファラデー回転子を組み合わせて構成される周知のものである。

【0075】

パッケージ 18 の側部に形成されたフランジ部 18 a の内部には、光アイソレータを通過したレーザ光が入射する窓部 26 と、レーザ光を集光する集光レンズ 27 が設けられている。

【0076】

光ファイバ 17 の先端部は金属製のフェルール 28 によって保持され、そのフェルール 28 は、フランジ部 18 a の端部に固定されるスライドリング 29 の内部に YAG レーザ溶接により固定される。

【0077】

発光素子 1 の前側端面から出力されるレーザ光は、平行レンズ 24 で平行になり、光アイソレータ 25、窓部 26 を介して集光レンズ 27 によって集光され、光ファイバ 17 に入射され外部に送出される。

【0078】

一方、発光素子 1 の後側端面から出力されたレーザ光は、平行レンズ 5 によって平行になり、ハーフミラー 6 によって Z 軸方向（透過方向）と、Z 軸方向に垂直な X 軸方向（反射方向）との 2 つの方向に分岐される。X 軸方向に分岐されたレーザ光は、光フィルタ 9 を介して第 1 の受光素子 7 によって受光され、Z 軸方向に分岐されたレーザ光は、第 2 の受光素子 8 によって受光される。第 1 の受光素子 7 及び第 2 の受光素子 8 から出力される第 1 の PD 電流及び第 2 の PD 電流は制御部 4 に入力される。

【0079】

制御部 4 では、第 1 の電圧変換器 13 により第 1 の PD 電流を第 1 の電圧 V1 に変換し、第 2 の電圧変換器 14 により第 2 の PD 電流を第 2 の電圧 V2 に変換し、比較器 15 により第 1 の電圧 V1 及び第 2 の電圧 V2 の電圧の差又は比を制御信号として出力する。比較器 15 から出力される制御信号は電流発生器 16 に入力される。電流発生器 16 は、比較器 15 からの制御信号に基づいて温度調整部 3 の温度を上昇又は下降させる温度制御電流を選択的に出力する。これによって、発光素子 1 から出力されるレーザ光の発振波長を所望の波長に制御することができる。

【0080】

また、第2の温度検出部20は光フィルタ9の温度を検出し、補正部21が、第2の温度検出部20によって検出された光フィルタ9の温度に基づいて、光フィルタ9の温度特性に伴うロック波長のずれを補正するように指令する補正信号を制御部4に出力する。従って、レーザ光の発振波長を高精度に安定化させることができる。その結果、光信号の信号劣化を低減でき、信頼性の高い光モジュール及び光送信器を提供することができる。

【0081】

図5は、本発明の第2の実施形態例に係る光送信器を説明するための説明図である。

【0082】

本発明の第2の実施形態例では、波長モニタ部2の受光素子8から出力される信号に基づいて、発光素子1に注入電流を制御する注入電流制御部30を有する。第2の実施形態例によれば、注入電流制御部30によって発光素子1の動作をフィードバックしてAPC (Auto Power Control)制御することが可能となる。なお、波長モニタ部2の受光素子8の代わりに、パワーモニタ用PDを専用に設けてもよい。また、制御部4と注入電流制御部30とを一体化して設けてもよい。

【0083】

図6は、本発明の第3の実施形態例に係る波長モニタを示す平面図である。図6に示すように、第3の実施形態例に係る波長モニタ部2は、発光素子1の後側端面から出力されたモニタ用のレーザ光を光軸方向に対して90度未満の所定角度 $\theta 1$ 、 $\theta 2$ に傾斜した2つの方向に分岐するプリズム（光分岐部材）38と、プリズム38によって分岐された一方のレーザ光を受光する第1の受光素子7と、プリズム4によって分岐された他方のレーザ光を受光する第2の受光素子8と、第1の受光素子7とプリズム38との間に配置され、所定の波長帯のレーザ光だけを透過させる光フィルタ9と、第1の受光素子7及び第2の受光素子8を同一平面（ここでは同一の取付面8a）上に取り付けるPDキャリア39とを有する。

【0084】

プリズム 3 8 の全面には、レーザ光の反射を抑制するために A R (Anti Refec tion) 膜がコーティングされている。プリズム 3 8 によって分岐されるレーザ光の傾斜角度 $\theta 1$ 、 $\theta 2$ は、略同一の角度（例えば 1 5 ~ 4 5 度）であるのが好ましい。これは、第 1 の受光素子 7 及び第 2 の受光素子 8 の受光位置を決めるのが容易になるからである。

【 0 0 8 5 】

本発明の第 3 の実施形態例によれば、プリズム 3 8 によって分岐されたレーザ光を受光する第 1 の受光素子 7 及び第 2 の受光素子 8 を 1 つの P D キャリア 3 9 の同一の取付面 3 2 3 a 上に取り付けているので、部品点数が減少して製造コストを低減することができる。

【 0 0 8 6 】

また、2 つの受光素子 7、8 を位置決めする際に、1 つの P D キャリア 3 9 について光学調芯を行うだけでよいので、製造工程が減少して製造時間を短縮できる。

【 0 0 8 7 】

また、発光素子 1 から出射された光を、平行レンズ 5 でプリズム 3 8 に光結合させ、プリズム 3 8 で 2 分岐し、1 つの P D キャリア 3 9 上の 2 つの受光素子で受光するので、その光路が短く、かつ必要空間がコンパクトになり、光モジュールの小型化を図ることができるとともに、良好な集光効率で受光素子 7、8 にモニタ光を導くことができる。

【 0 0 8 8 】

また、入射光を屋根型のプリズム 3 8 によって分岐しており、プリズム 3 8 による光の分岐は、入射光のプリズム 3 8 への入射角度を小さくしても光分岐が可能であるため、偏波依存性損失を小さくすることが可能となる。

【 0 0 8 9 】

また、プリズム 3 8 は、分岐カプラのような大型の光部品ではないので、本発明の波長モニタ内蔵型光モジュールは、装置の小型化が可能となる。ここでは、屋根型プリズム 3 8 を用いることにより、2 つの斜面のなす角度により、光の分岐角度を調整することができるので、装置の小型化にさらに好適である。

【 0 0 9 0 】

また、プリズム 3 8 の 2 面以上にレーザ光を入射し、ともにプリズム 3 8 を透過する光に分岐しているため、分岐光どうしの波長依存性を低減することができる。特に分岐光を入射光の光軸に対して同一角度に傾斜した光に分岐した場合、分岐光どうしでは同じ波長依存性をもつため、分岐光同士を相対比較する本実施形態例の構成では分岐によるレーザ光の波長依存性を相殺することができる。

【 0 0 9 1 】

図 7 は本発明の第 4 の実施形態例を説明するための斜視図である。光フィルタ 9 近傍に配置される温度検出部 2 0 は、光フィルタ 9 の温度を正確に検出するために、ケース温度と温度調整部 3 の温度のどちらかの影響を強く受けないように配置するのが好ましい。そこで、図 7 に示すように、第 4 の実施形態例では、温度検出部 2 0 は、光フィルタ 9 の高さ方向にて、光フィルタ 9 の底面と上面との間に配置されている。

【 0 0 9 2 】

図 8 は本発明の第 5 の実施形態例を説明するための斜視図である。第 5 の実施形態例では、フィルタホルダ 2 3 は、断面略 L 字状に形成され熱伝導性のある材質で作られており、光フィルタ 9 を取り付ける第 1 のマウント部 2 3 a と、第 1 のマウント部 2 3 a に一体に設けられ、光フィルタ 9 底面から上面までの間の中間の位置に温度検出部 2 0 を取り付ける第 2 のマウント部 2 3 b とを有する。

【 0 0 9 3 】

第 2 のマウント部 2 3 b の温度検出部 2 0 が取り付けられる箇所には、固定を容易するために、金メッキ 2 3 c が施されている。温度検出部 2 0 と金メッキ 2 3 c が施された第 2 のマウント部 2 3 b の上面との間は半田材 2 3 d を用いて固定を行う。

【 0 0 9 4 】

図 9 (A) は本発明の第 6 の実施形態例を説明するための平面図、(B) はその側面図である。

【 0 0 9 5 】

光フィルタ 9 への熱輻射は、パッケージ 1 8 の上面だけでなく側面からも生じ

る。従って、図 9 (A) に示すように、温度検出部 2 0 の位置は、光フィルタ 9 とパッケージ 1 8 の側面との間の光フィルタ 9 近傍に設置すると、精度よく熱輻射を検出することができる。

【 0 0 9 6 】

また、波長ロックキングを駆動するには、発光素子 1 の発振波長が、波長弁別カーブの所定範囲に入っていないなければならない。

【 0 0 9 7 】

図 1 0 は波長弁別カーブを示すグラフである。図 1 0 で、波長弁別カーブ上の黒いプロットがロックする波長である。この波長ロックキングを駆動するには、図示したキャプチャレンジ内に波長ロックキング駆動する前に予め入っている必要がある。これを実施するには、発光素子 1 の温度を検出してペルチェモジュールからなる温度調整部 3 を制御する A T C 駆動が必要である。これを行うには、従来から使用されている発光素子 1 の温度を検出する第 1 の温度検出部 3 7 が必要になる。従って、この実施形態例の光モジュールには、発光素子 1 用の温度検出部 3 7 と光フィルタ 9 用の温度検出部 2 0 の両方を備えている。

【 0 0 9 8 】

次に、波長ロックキングを制御する手順について説明する。まず、発光素子 1 に A C C 回路ないし A P C 回路によって電流を注入し、発光素子 1 の温度を第 1 の温度検出部 3 7 によって検出し、A T C 回路によって温度調整部 3 を制御して温度制御する。A T C 回路では、基準温度と検出温度を比較して、その差が 0 となるように制御を行う。従って基準温度を制御することで発振波長を制御することができる。基準温度を制御して、図 1 0 で示したキャプチャレンジ内に発振波長を調整する。これを確認したら波長ロックキングに切り替え、波長モニタ信号を元に温度調整部 3 による温度制御を行う。

【 0 0 9 9 】

この波長ロックキングを制御する手順により、プロットしたロックキングポイントへ発振波長が安定化される。

【 0 1 0 0 】

図 1 1 は本発明の第 7 の実施形態例を説明するための配線図である。例えば、

1 4 ピン標準バタフライモジュールの構成において、波長モニタ部を内蔵すると、波長モニタ用受光素子の配線が必要になる。さらに、光フィルタ 9 の温度検出部 2 0、例えばサーミスタはその抵抗値によって温度を検出することができる。配線数を少なくして、効率的に配線を行うために、発光素子 1 の温度検出部 3 7、例えばサーミスタとの配線を 1 端子に共有化することで配線を少なくすることが可能である。例えば、図 1 1 で示すように、1 番ピンと 2 番ピンを発光素子の第 1 の温度検出部 3 7 用の端子とし、2 番ピンと 1 4 番ピンを光フィルタ 9 の第 2 の温度検出部 2 0 用の端子として使用する。これによって、ピン数を削減することができる。また、図 1 1 に示すように、波長モニタ用受光素子 7 のカソードをパワーモニタ用受光素子 8 のカソードとを接続することにより、2 つの受光素子 7、8 を 4 番ピン、5 番ピン及び 1 0 番ピンの 3 つの端子で接続することができる。

【 0 1 0 1 】

図 1 2 (A) は本発明の第 8 の実施形態例のフィルタホルダを説明するための平面図、(B) はその正面図、(C) はワイヤによる接続例を示す平面図である。

【 0 1 0 2 】

フィルタホルダ 2 3 は、温度調整部 3 との熱抵抗を小さくするため、熱伝導特性の良好な材料を用いている。熱伝導性の良好な材料としては、例えば Cu W 等を使用する。また、所定の波長弁別特性を有するために、エタロンを調芯し、固定する必要がある、このような場合は溶接性の良さも重要になるので、例えば、アロイ材や SUS 材などを使用するのが好ましい。

【 0 1 0 3 】

また、フィルタホルダ 2 3 には、温度検出部 2 0 が搭載される第 2 のマウント部 2 3 b が設けられている。温度検出部 2 0 は、例えば図 1 3 に示すように、上下面にそれぞれ上面電極 2 0 a、下面電極 2 0 b を備えているものを使用する。フィルタホルダ 2 3 の第 2 のマウント部 2 3 b には、予め金メッキ 2 3 c を施しておく。温度検出部 2 0 を金メッキ 2 3 c された第 2 のマウント部 2 3 b に半田材 2 3 d を用いて固定する (図 8 参照)。

【 0 1 0 4 】

第 2 のマウント部 2 3 b は、温度検出部 2 0 がフィルタ 9 の高さ方向において底面から上面の間に位置するように、高さを調整して設計される。

【 0 1 0 5 】

モジュール内部における電氣的配線を効率的に行うためには、フィルタホルダ 2 3 が金属であることを利用して、フィルタホルダ 2 3 に電気を流して配線部材とする。そして、温度検出部 2 0 上面からパッケージ 1 8 の接続端子間をワイヤ W で接続する。

【 0 1 0 6 】

一方、温度検出部 2 0 上面と同電位の端子からパッケージ 1 8 上の共通端子との間を接続する必要がある。図 1 2 に示すように、フィルタホルダ 2 3 上にコモン端子用支柱 4 0 を設け、この支柱 4 0 の上面をワイヤボンディングが容易になるように、金メッキしておく。これにより、支柱 4 0 上面とパッケージ 1 8 にあるコモン接続端子との間をワイヤ W で接続することができる（図 1 2 (C) 参照）。

【 0 1 0 7 】

図 1 4 は、本発明の第 9 の実施形態例を示すブロック図である。図 1 4 に示すように、第 9 の実施形態例は、制御系にアナログ／デジタル変換回路 4 1, 4 2, 4 3, 4 4 を用いて制御していることを特徴とする。

【 0 1 0 8 】

図 1 4 の制御手法においては、パワーモニタ P D 電流と波長モニタ P D 電流を元にした信号をアナログ／デジタル変換する。P D 電流信号は演算器 4 9 に入力され、演算器 4 9 は、差あるいは比を演算して制御信号を出力する。

【 0 1 0 9 】

P D 電流信号比を用いて制御する場合には、光フィルタ 9 の温度補償は、次のように行うことができる。光モジュール M の光ファイバ出力一定、発振波長が一定の条件において、異なるケース温度の時に、波長モニタ P D 電流とパワーモニタ P D 電流を測定する。さらにこの時、光フィルタ 9 の温度を検出する第 2 の温度検出部 2 0 のサーミスタ抵抗を測定する。この実験結果を表 1 に示す。

【表 1】

ケース温度 (°C)	- 5	25	45	70
パワーモニタ PD 電流 (μ A)	199.3	199.3	199.3	199.3
波長モニタ PD 電流 (μ A)	72.1	78.3	84	90.3
PD 電流比	0.3618	0.3929	0.421	0.453
光フィルタのモニタ温度 (°C)	23.27	24.5	25.35	26.58
光フィルタのサーミスタ抵抗 (K Ω)	10.79	10.22	9.85	9.33

図 15 は、上記の実験結果による光フィルタ（エタロン）のサーミスタ抵抗（ R ）と PD 電流比（ P ）との関係を示すグラフである。図 15 からわかるように、 $(P) = A \times (R) + B$ という関係にある。ここで、 A 、 B は定数とする。

【0110】

PD 電流比は、光フィルタのサーミスタ抵抗の関数として表すことができ、光フィルタ 9 の温度に対して波長をロックする PD 電流比をダイナミックに変化させることが可能である。実施に、このような波長ロック機構を用いて制御を行うと、ケース温度が 5 ～ 70 °C の範囲において、PD 電流比が一定になった場合の特性と光フィルタ 9 の第 1 の温度検出部 20（サーミスタ）を用いて温度補償を行った場合の結果を比較した。図 16 は、ケース温度に対するロック波長の関係において、通常の波長ロックと、本実施形態例の温度補償による波長ロックとを比較したグラフである。

【0111】

図 16 からわかるように、本実施形態例の温度補償による波長ロックを行うこ

とにより、波長ドリフト量は約 $1/10$ となり、著しく波長安定度を向上させることができる。

【0112】

図17は、本発明の第10の実施形態例を示すブロック図である。第10の実施形態例では、波長モニタ部2からの信号を注入電流にフィードバックしている。

【0113】

波長モニタ部2からの信号を注入電流へフィードバックする場合には、光モジュールから出力される光出力が一定とならず変化することになる。そこで、図18に示すように、光モジュールに可変減衰器45を接続し、可変減衰器45を通過した光の一部をタップ46で切り出し、この光信号の光出力を光出力検出部47でモニタする。光出力検出部47からのモニタ信号に基づいて、減衰量制御回路48は可変減衰器45に制御信号を出力し、光出力が一定になるように可変減衰器45の減衰量を制御する。

【0114】

図19は、本発明の第11の実施形態例に係る波長分割多重通信システムに用いられるWDM光送信装置を示す説明図である。

【0115】

図19に示すように、波長分割多重通信システムは、光信号を送信する複数の光送信器31と、その光送信器31から送信された複数チャネルの光信号を波長多重化する合波器32と、その合波器32により波長多重化された多重化光信号を増幅中継するために複数段に接続された複数の光増幅器33と、光増幅器33により増幅された光信号を各チャネル毎に波長分離する分波器34と、その分波器34により波長分離された各光信号を受信する複数の光受信器35とを有する。

【0116】

本発明の第11の実施形態例に係るWDM光送信装置36は、第1及び第2の実施形態例に係る光送信器31を複数有し、これら光送信器31から出力された光信号を波長多重して送信する。従って、光送信器31から発振する光信号の波

長が安定するので、信頼性の高い高密度WDMシステムを構築することが可能となる。

【0117】

本発明は、上記実施の形態に限定されることはなく、特許請求の範囲に記載された技術的事項の範囲内において、種々の変更が可能である。例えば、発光素子1と光フィルタ9はそれぞれ異なるベース上に固定され、各々のベースが中間部材を介して熱的に接続していてもよい。

【0118】

【発明の効果】

本発明によれば、補正部が、温度検出部によって検出された光フィルタの温度に基づいて、光フィルタの温度特性に伴うロック波長のずれを補正するように指令する補正信号を制御部に出力するので、レーザ光の発振波長を高精度に安定化させることができる。その結果、光信号の信号劣化を低減でき、信頼性の高い光モジュール及び光送信器を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の第1の実施の形態に係る光送信器を説明するための説明図である。

【図2】

光フィルタに取り付けられた温度検出部を示す斜視図である。

【図3】

光フィルタを支持するフィルタホルダの光フィルタ近傍に取り付けられた温度検出部を示す斜視図である。

【図4】

ロック波長のずれの補正方法を説明するためのグラフである。

【図5】

本発明の第2の実施形態例に係る光送信器を説明するための説明図である。

【図6】

本発明の第3の実施形態例に係る波長モニタを示す平面図である。

【図7】

本発明の第 4 の実施形態例を説明するための斜視図である。

【図 8】

本発明の第 5 の実施形態例を説明するための斜視図である。

【図 9】

(A) は本発明の第 6 の実施形態例を説明するための平面図、(B) はその側面図である。

【図 1 0】

波長弁別カーブを示すグラフである。

【図 1 1】

本発明の第 7 の実施形態例を説明するための配線図である。

【図 1 2】

(A) は本発明の第 8 の実施形態例のフィルタホルダを説明するための平面図、(B) はその正面図、(C) はワイヤによる接続例を示す平面図である。

【図 1 3】

温度検出部を示す斜視図である。

【図 1 4】

本発明の第 9 の実施形態例を示すブロック図である。

【図 1 5】

光フィルタ (エタロン) のサーミスタ抵抗 (R) と PD 電流比 (P) との関係を示すグラフである。

【図 1 6】

ケース温度に対するロック波長の関係において、通常の波長ロックと、本実施形態例の温度補償による波長ロックとを比較したグラフである。

【図 1 7】

本発明の第 1 0 の実施形態例を示すブロック図である。

【図 1 8】

図 1 7 の変形例を示すブロック図である。

【図 1 9】

本発明の第 1 1 の実施形態例に係る波長分割多重通信システムに用いられる W

DM光送信装置を示す説明図である。

【図 2 0】

従来の光モジュールの構成を示す説明図である。

【図 2 1】

制御部の構成の一例を示すブロック図である。

【図 2 2】

レーザダイオードの経年劣化を説明するためのグラフである。

【図 2 3】

レーザダイオードのLDキャリアの温度一定時における注入電流と発振波長の関係を示すグラフである。

【図 2 4】

光フィルタの波長特性とロック波長の関係を示すグラフである。

【図 2 5】

光フィルタの温度変化によるロック波長のずれを説明するためのグラフである。

【図 2 6】

波長モニタ駆動時の注入電流とロック波長の関係を示すグラフである。

【図 2 7】

光フィルタ（エタロンフィルタ）の波長弁別特性を示すグラフである。

【図 2 8】

ケース温度とフィルタ温度との関係を示すグラフである。

【図 2 9】

従来の課題を説明するための波長と波長モニタPD電流との関係を示すグラフである。

【符号の説明】

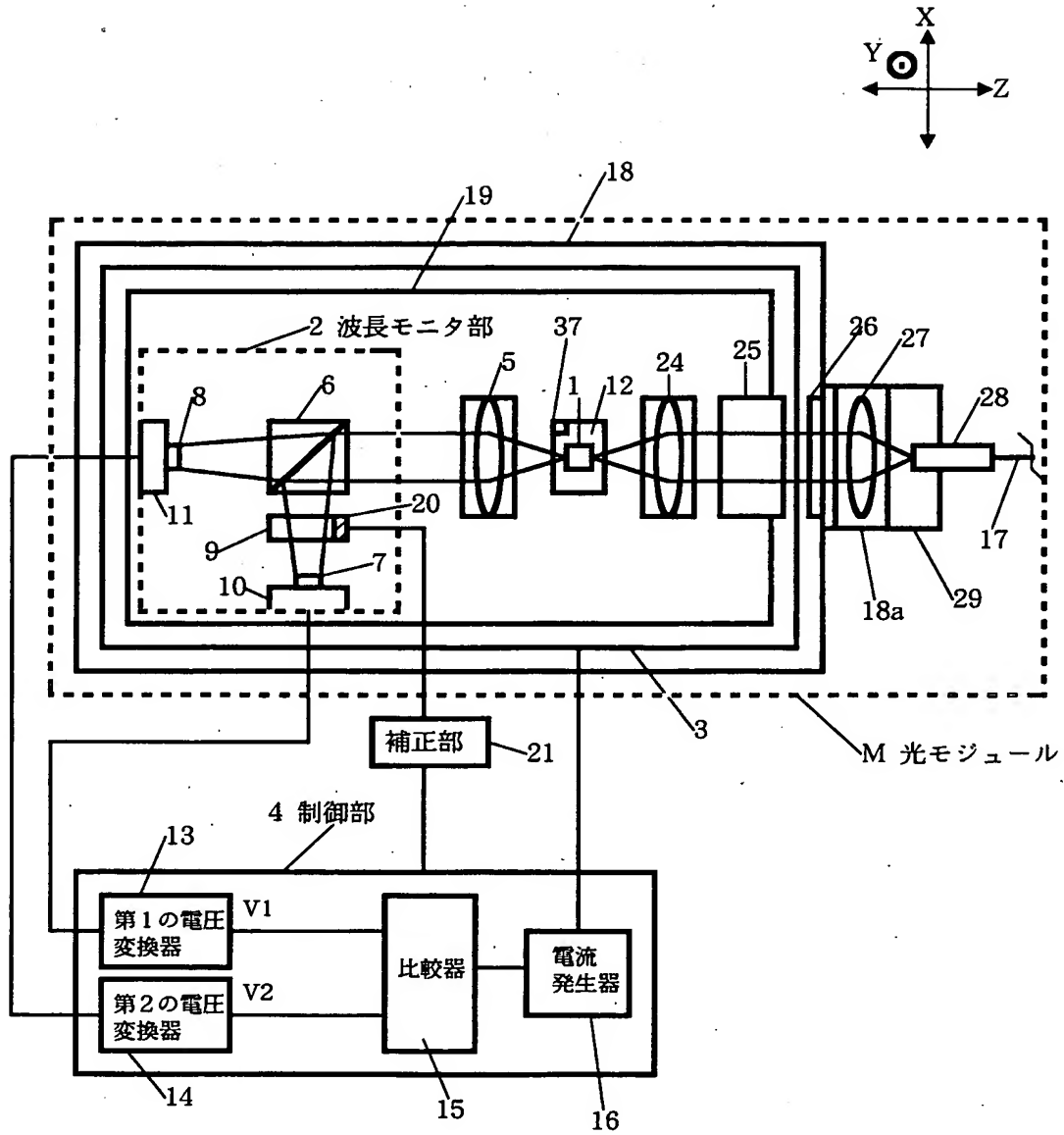
- 1 : 発光素子
- 2 : 波長モニタ部
- 3 : 温度調整部
- 4 : 制御部

- 5 : 平行レンズ
- 6 : ハーフミラー
- 7 : 第1の受光素子
- 8 : 第2の受光素子
- 9 : 光フィルタ
- 10 : 第1のPDキャリア
- 11 : 第2のPDキャリア
- 12 : LDキャリア
- 13 : 第1の電圧変換器
- 14 : 第2の電圧変換器
- 15 : 比較器
- 16 : 電流発生器
- 17 : 光ファイバ
- 18 : パッケージ
- 19 : ベース
- 20 : 第2の温度検出部
- 21 : 補正部
- 22 : 金属膜
- 23 : フィルタホルダ
- 24 : 平行レンズ
- 25 : 光アイソレータ
- 26 : 窓部
- 27 : 集光レンズ
- 28 : フェルール
- 29 : スライドリング
- 30 : 注入電流制御部
- 31 : 送信器
- 32 : 合波器
- 33 : 光増幅器

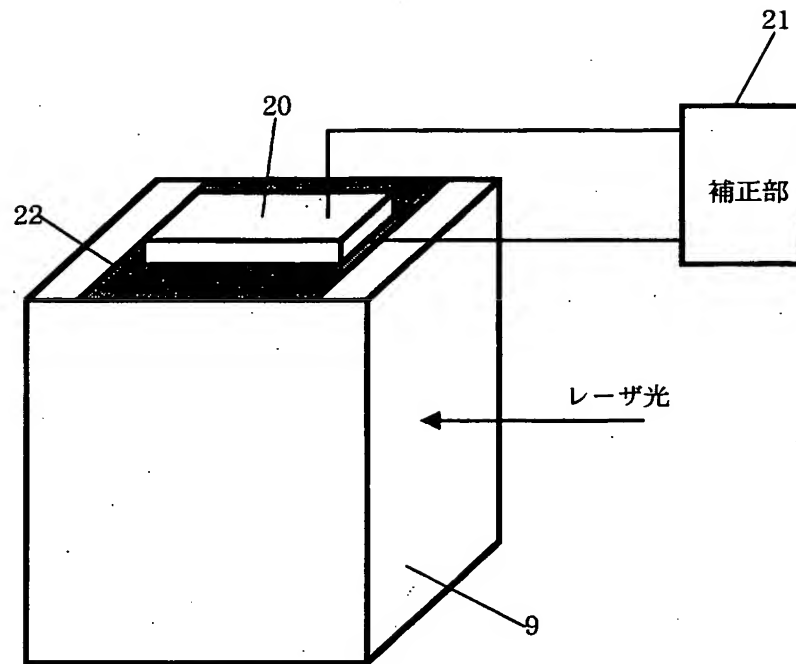
- 3 4 : 分波器
- 3 5 : 光受信器
- 3 6 : WDM光送信装置
- 3 7 : 第 1 の温度検出部
- 3 8 ; プリズム
- 3 9 : PDキャリア
- 4 0 : 支柱
- 4 1 ~ 4 4 : アナログ/デジタル変換回路
- 4 5 : 可変減衰器
- 4 6 : タップ
- 4 7 : 光出力検出部
- 4 8 : 減衰量制御回路
- 4 9 : 演算器

【書類名】 図面

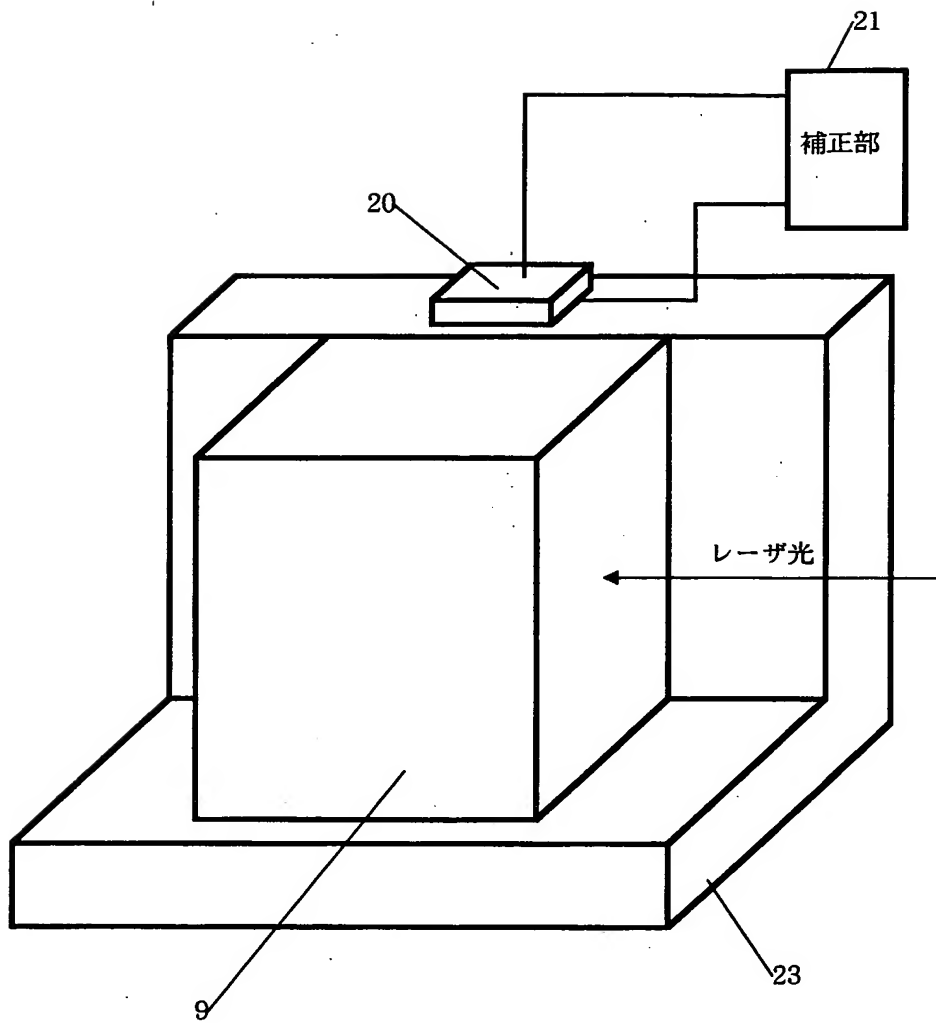
【図 1】



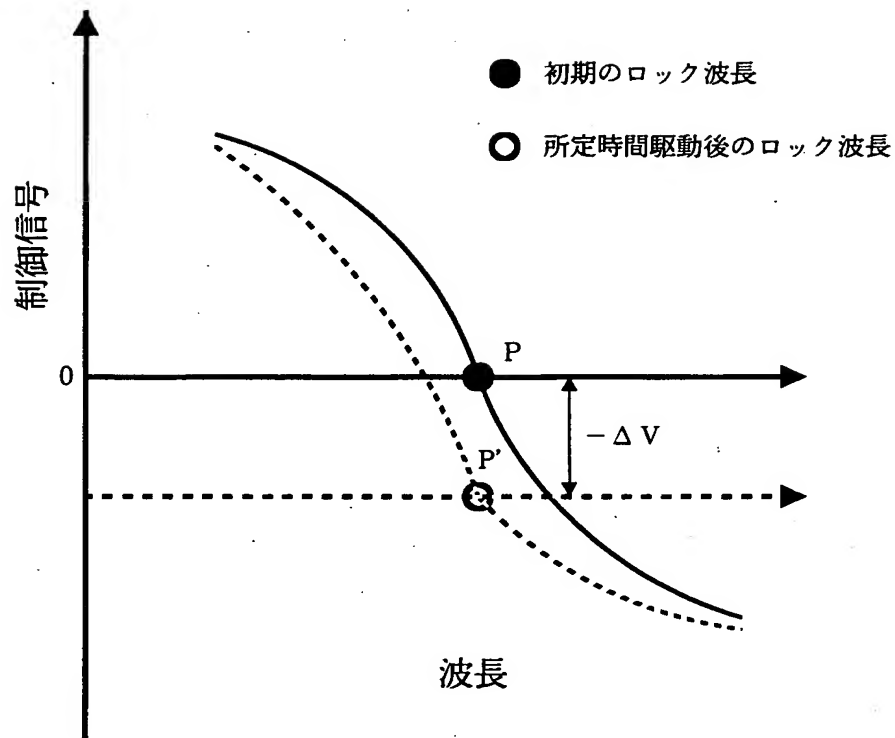
【図 2】



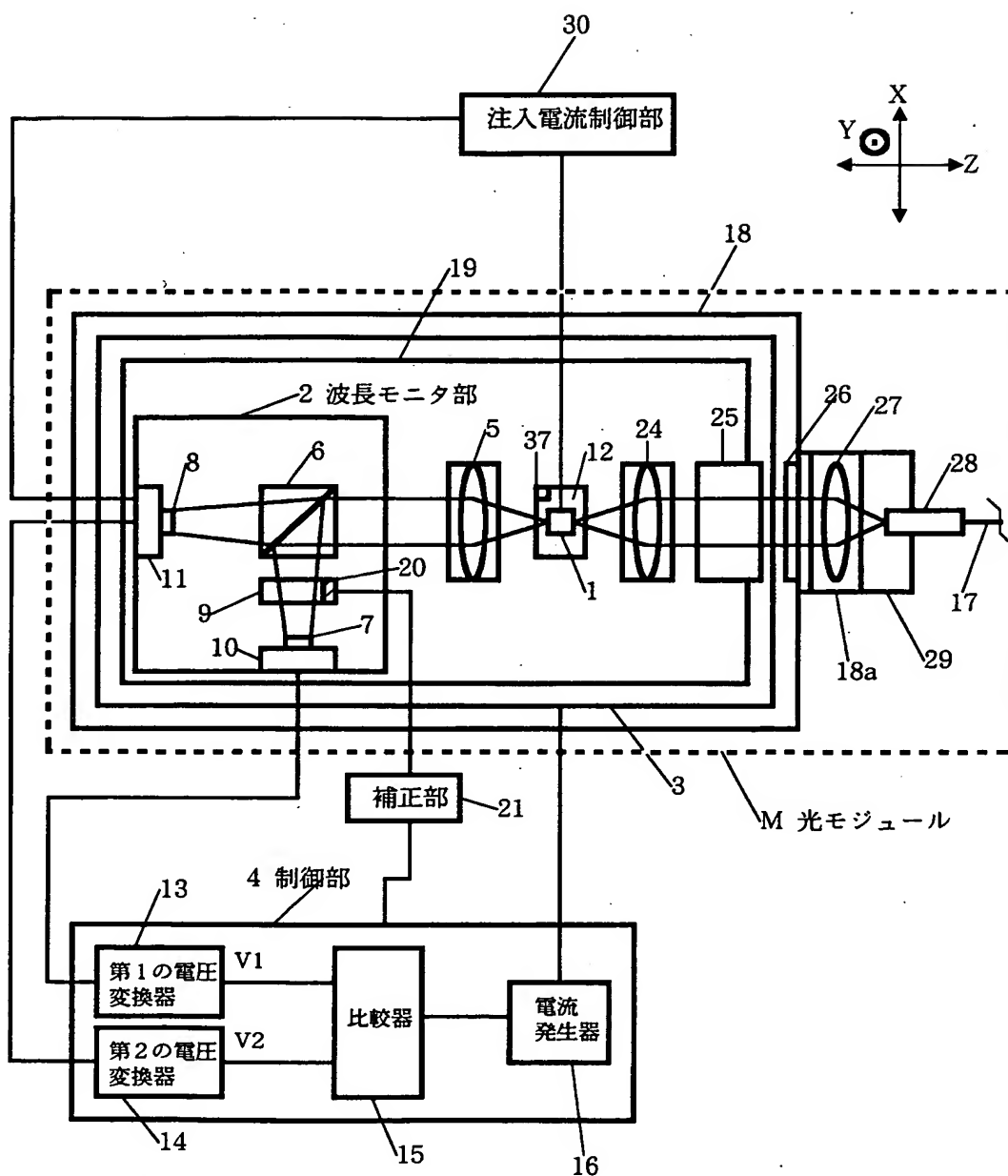
【図3】



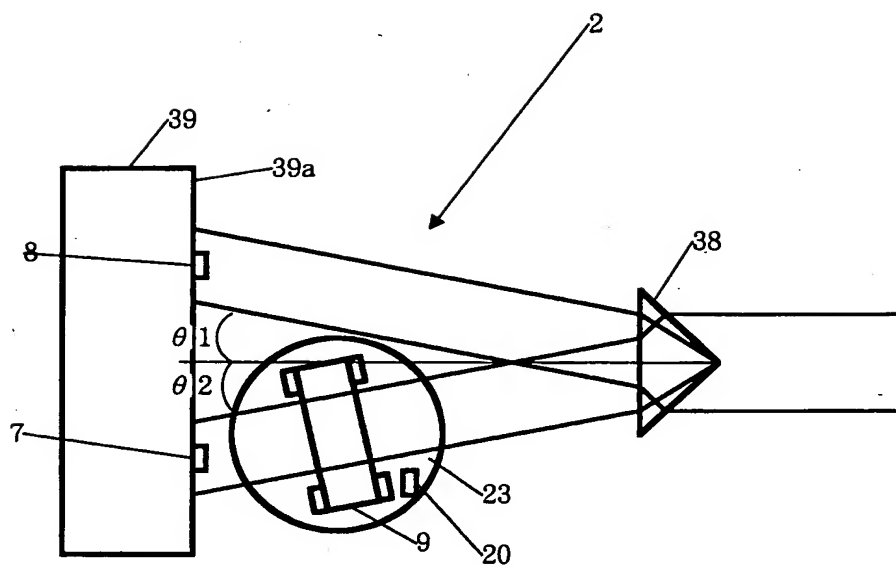
【図 4】



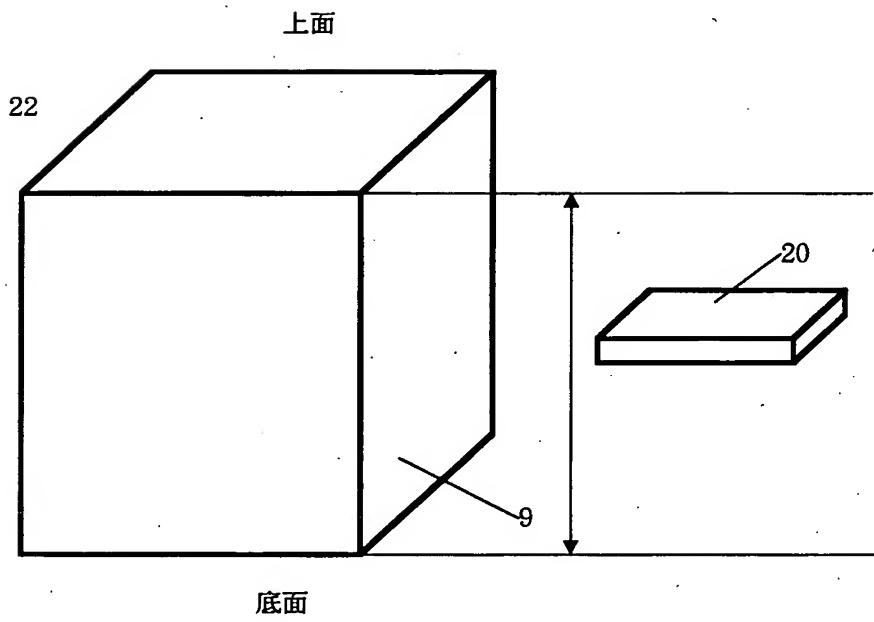
【図 5】



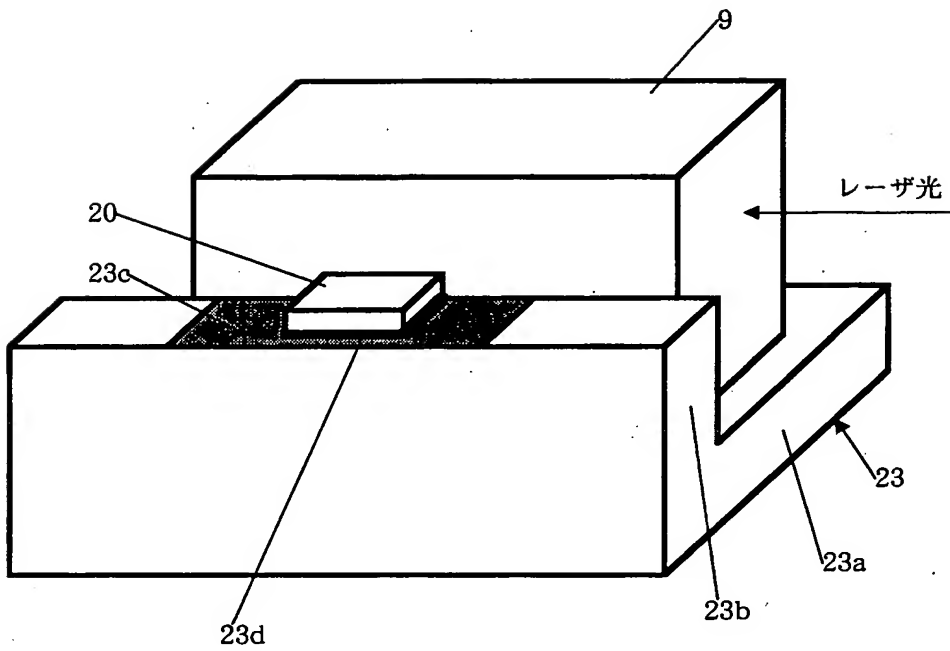
【図 6】



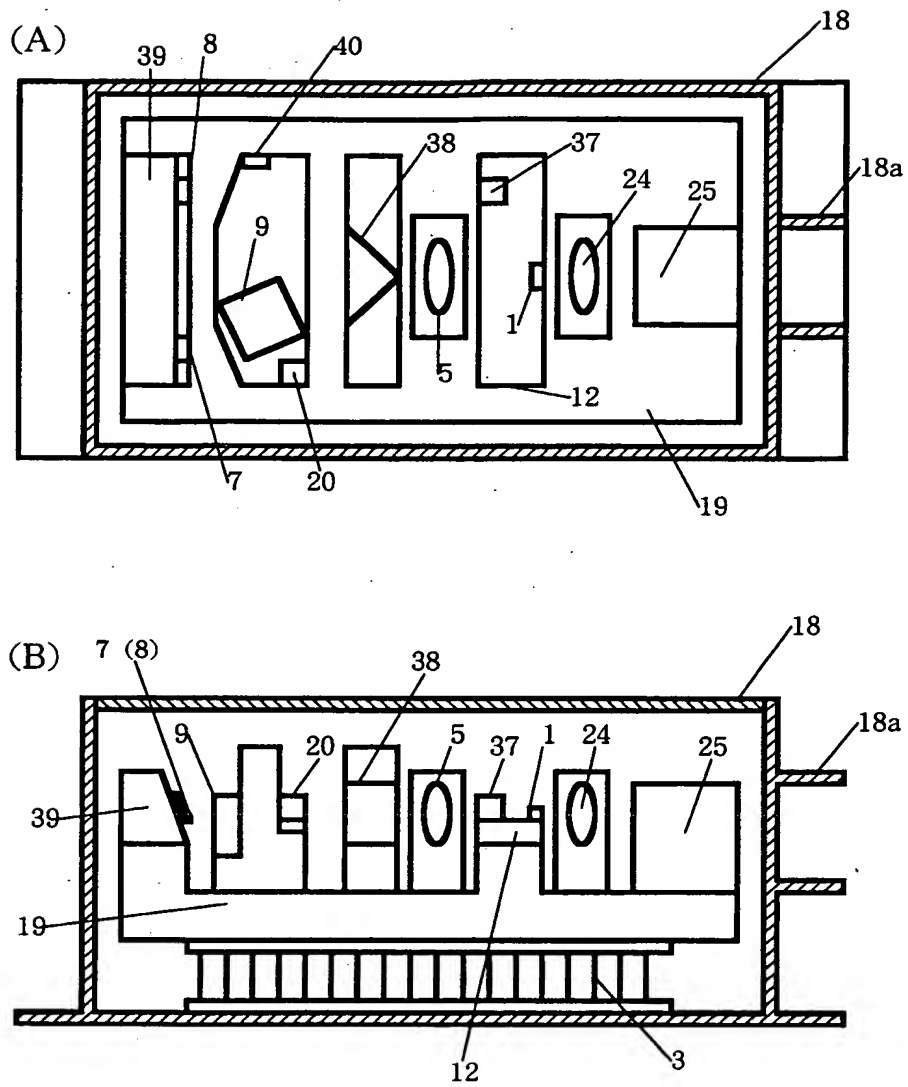
【図 7】



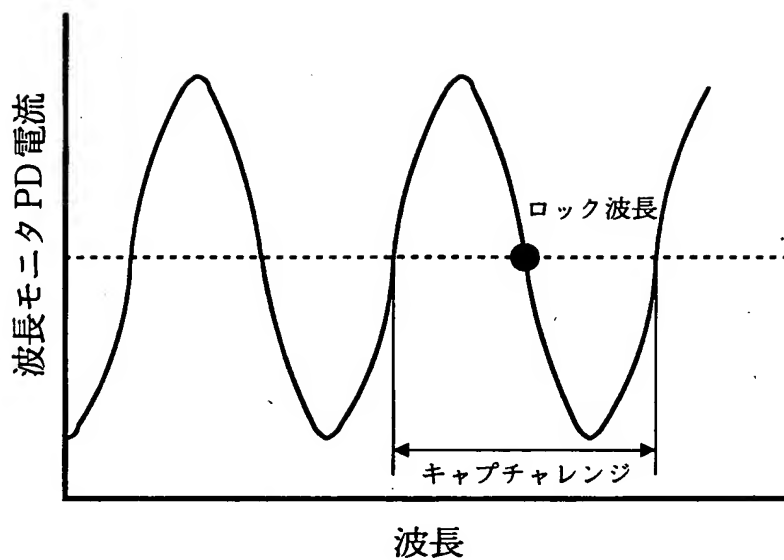
【図 8】



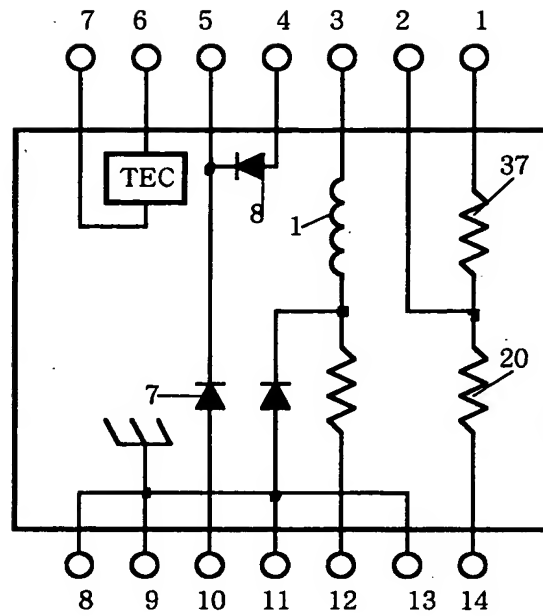
【図 9】



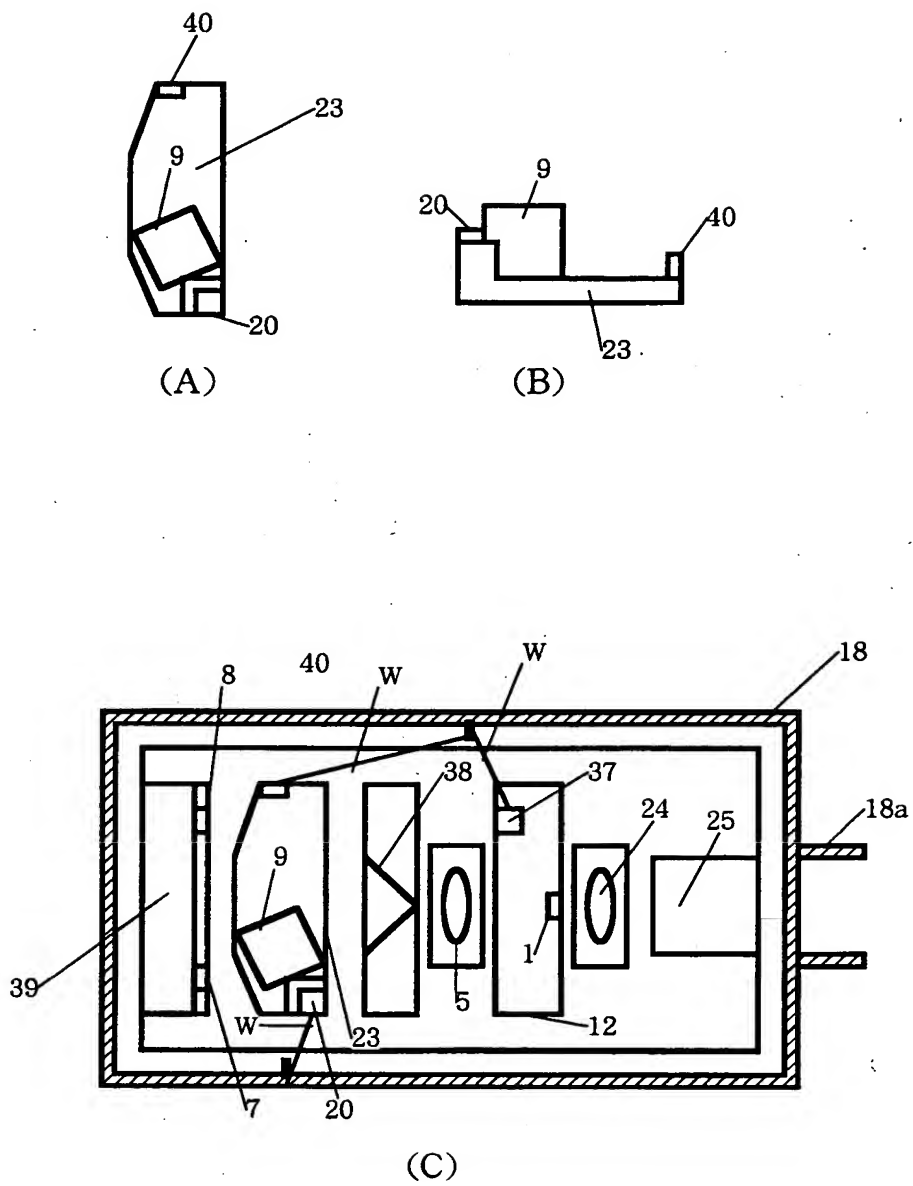
【図 1 0】



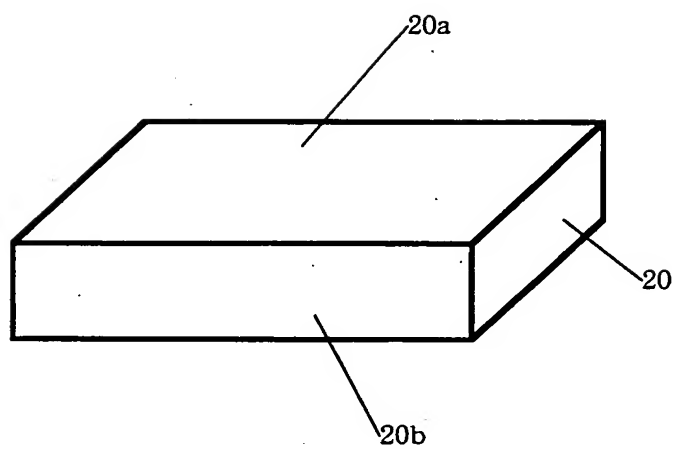
【図 11】



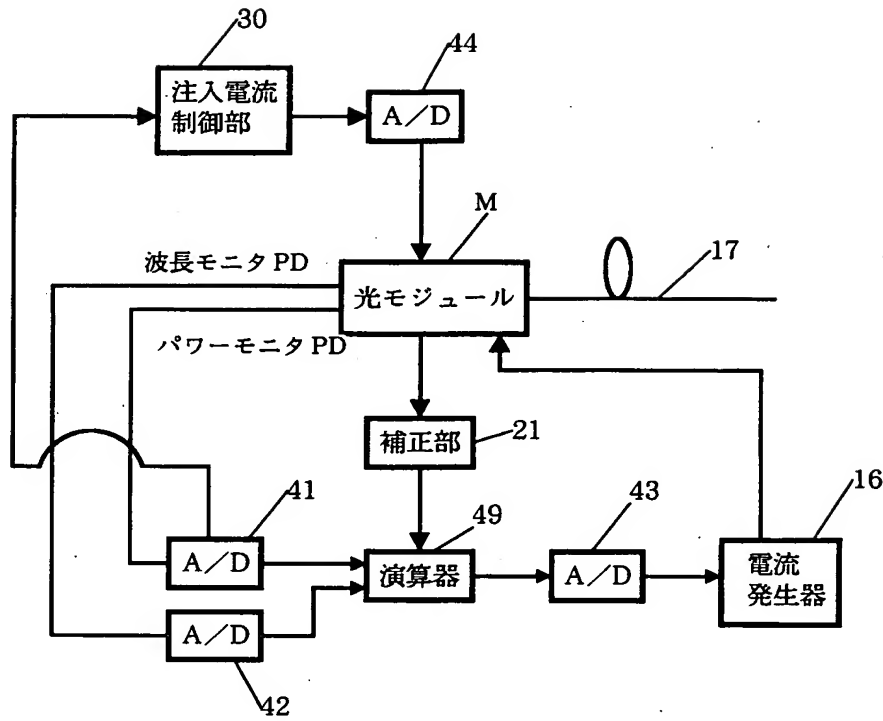
【図 1.2】



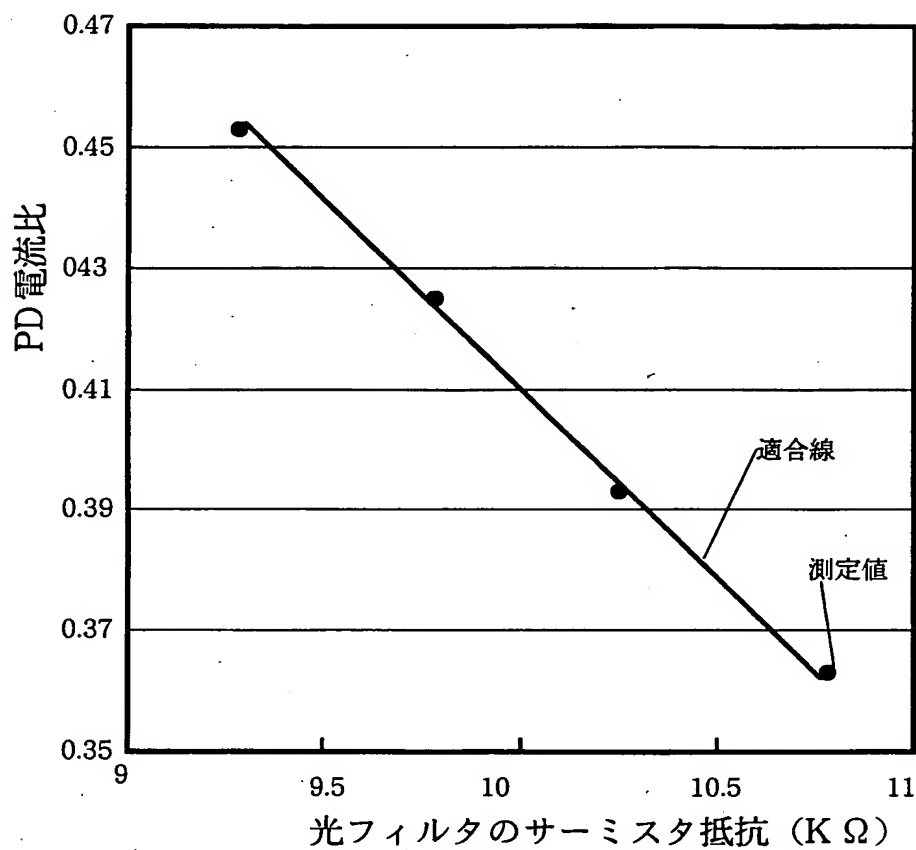
【図 13】



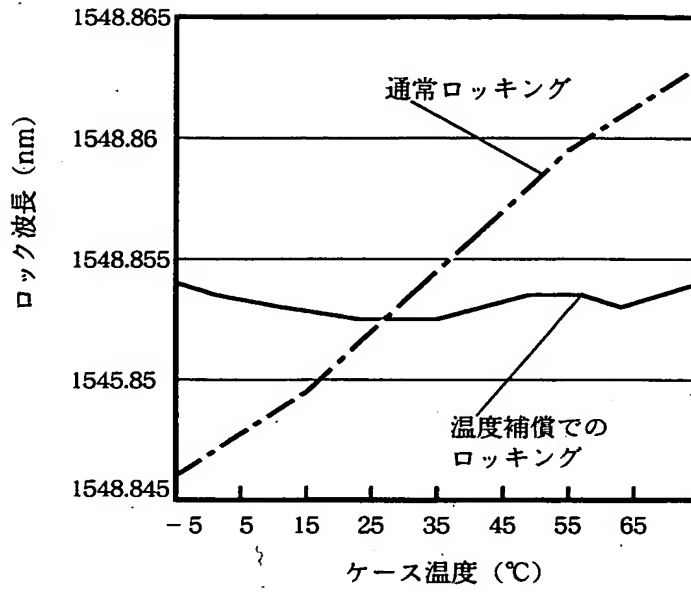
【図 14】



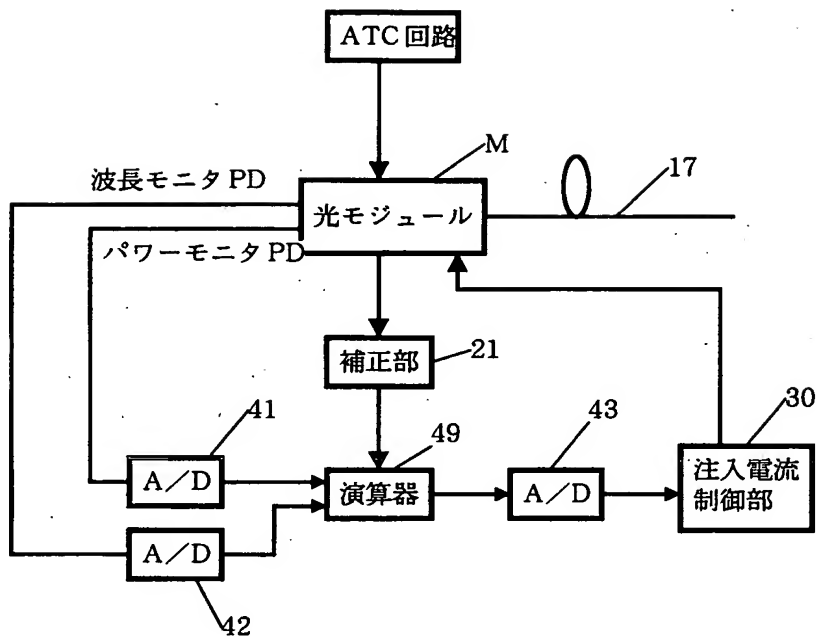
【図 1 5】



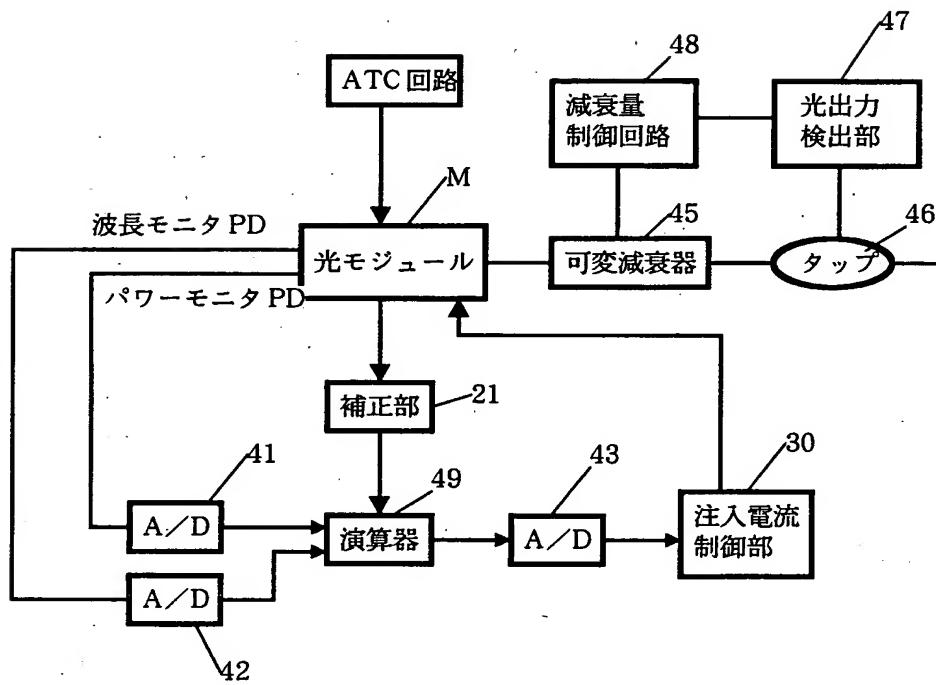
【図 16】



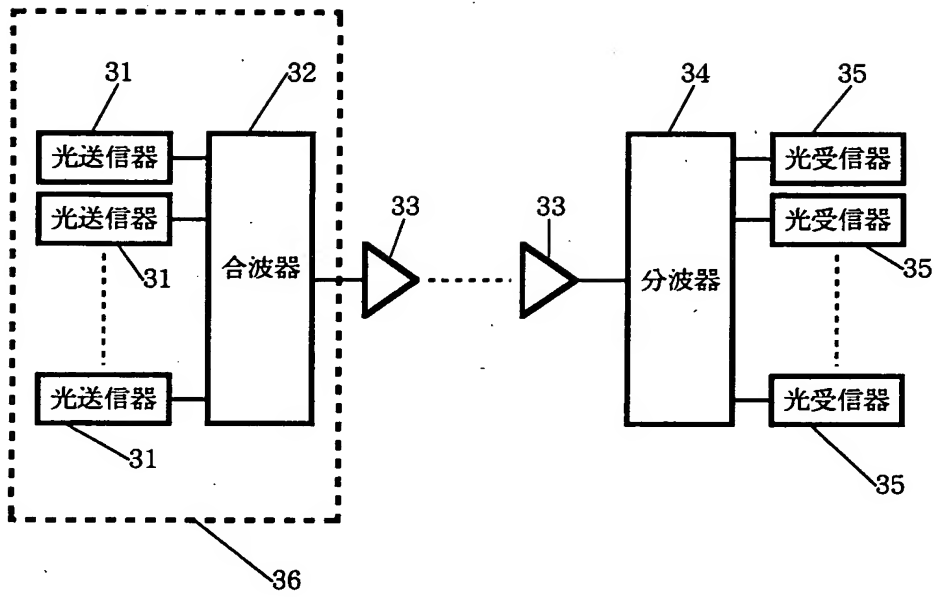
【図 17】



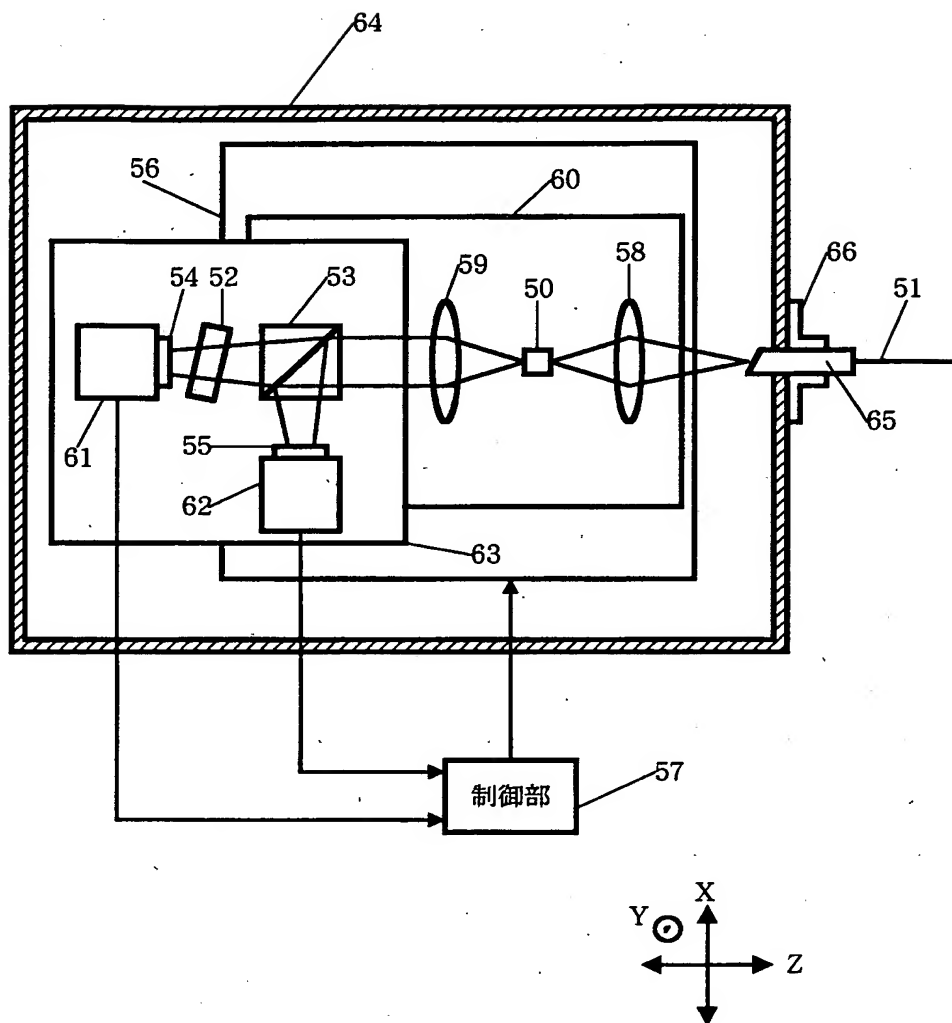
【図 18】



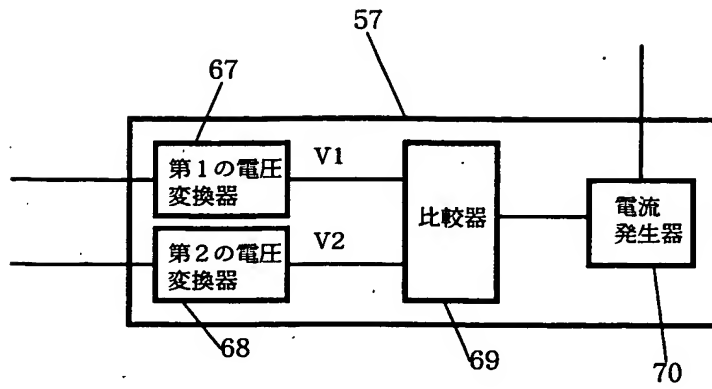
【図 19】



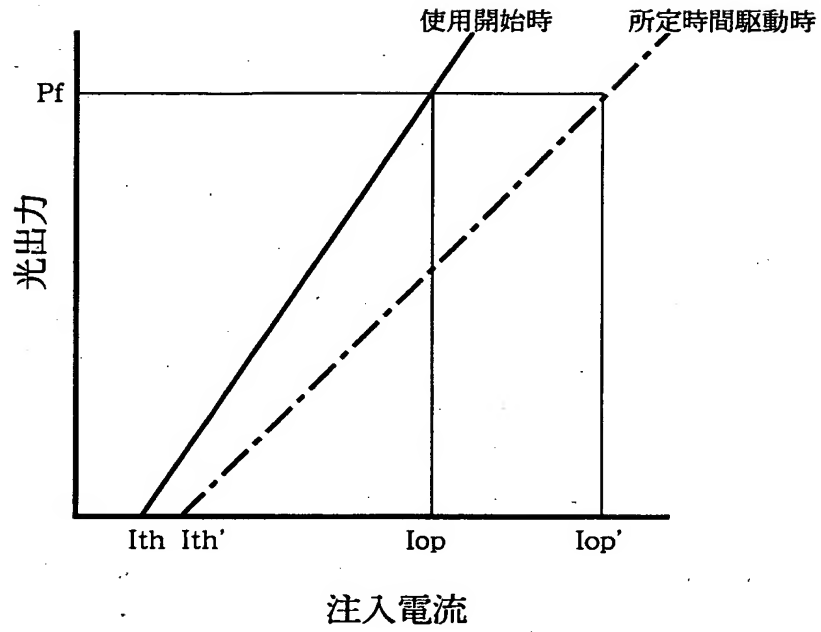
【図 20】



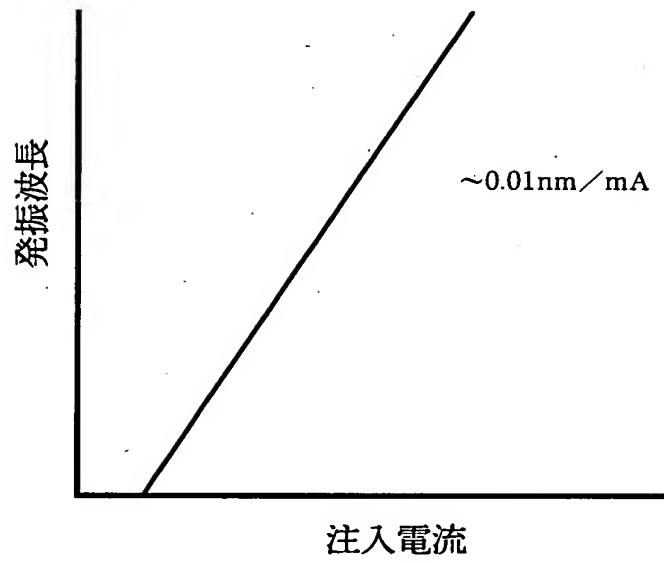
【図 2 1】



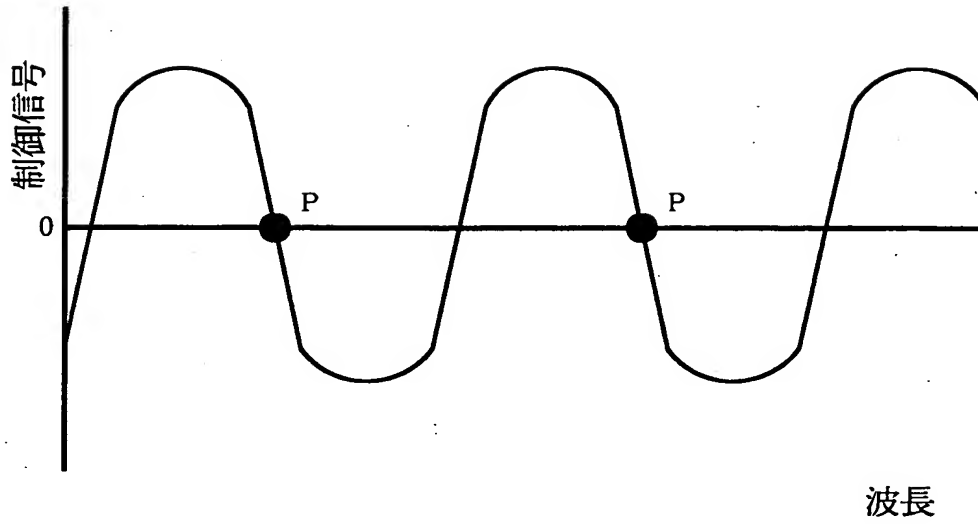
【図 2 2】



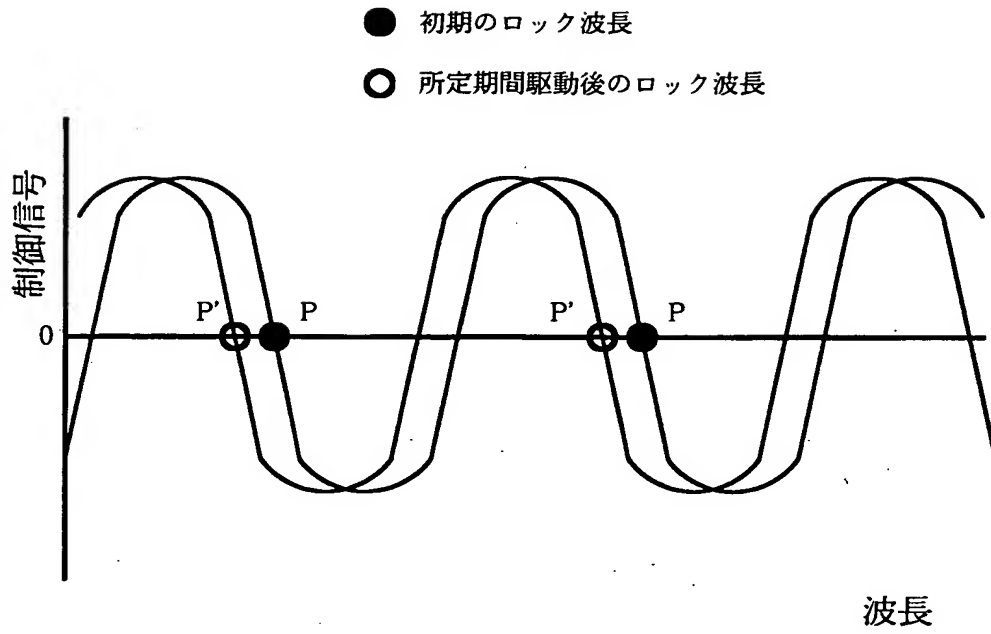
【図 2 3】



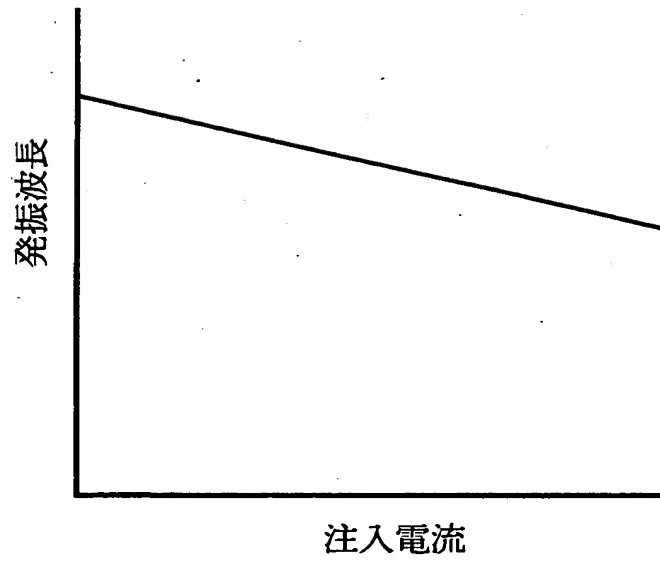
【図 24】



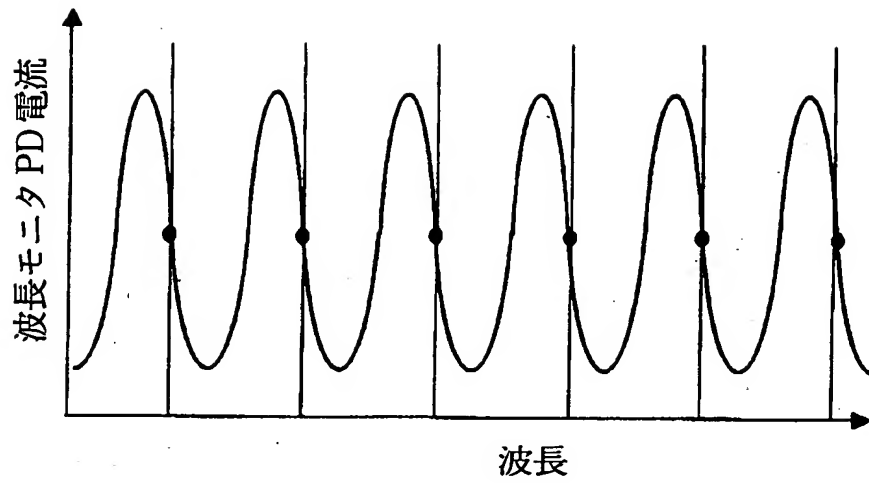
【図 2 5】



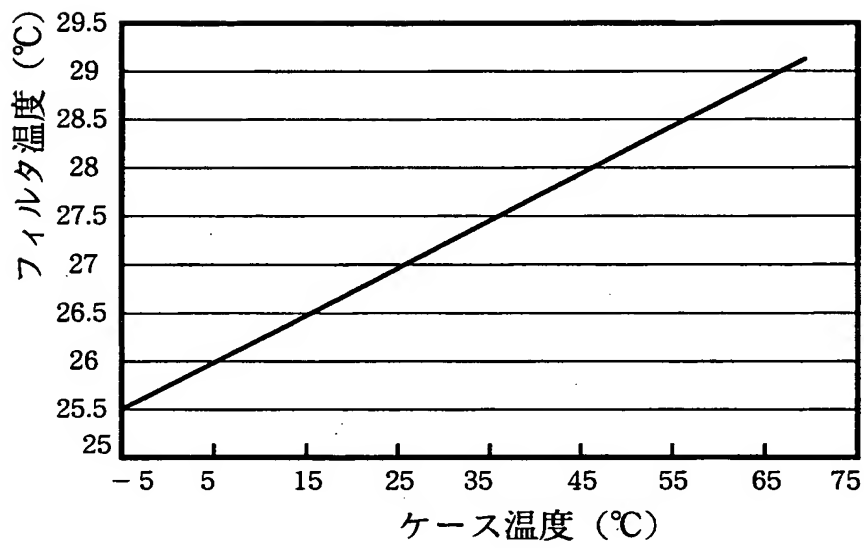
【図 2 6】



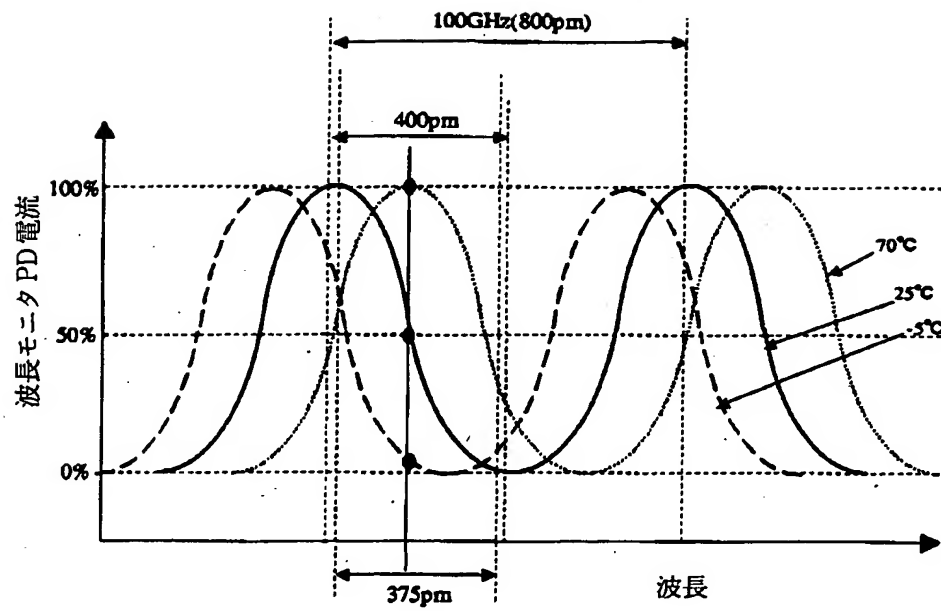
【図 2 7】



【図 2 8】



【図 2 9】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】

光フィルタの有する温度特性に伴うロック波長のずれを簡易に補正し、レーザ光の発振波長を高精度に安定化させることができる光送信器、WDM光送信装置及び光モジュールを提供する。

【解決手段】

この光送信器は、レーザ光を出力する発光素子 1 と、発光素子 1 の温度を調整する温度調整部 3 と、発光素子 1 から出力されるレーザ光を、発光素子 1 と熱的に接続された光フィルタ 9 を通過させて受光する波長モニタ部 2 と、波長モニタ部 2 から出力される信号に基づいて、発光素子 1 から出力されるレーザ光の発振波長を所定のロック波長に固定するように、温度調整部 3 の調整温度を制御する制御部 4 と、光フィルタ 9 の温度を検出する温度検出部 2 0 と、温度検出部 2 0 によって検出された温度に基づいて、光フィルタ 9 の温度特性に伴うロック波長のずれを補正するように指令する補正信号を制御部 4 に出力する補正部 2 1 と有する。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000005290]

1. 変更年月日 1990年 8月29日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都千代田区丸の内2丁目6番1号

氏 名 古河電気工業株式会社